



Diversité entomologique des corridors prairiaux. Étude des bandes enherbées au bord des cultures

Tiphaine Rochaix

► To cite this version:

Tiphaine Rochaix. Diversité entomologique des corridors prairiaux. Étude des bandes enherbées au bord des cultures. Biodiversité et Ecologie. 2014. <dumas-01112629>

HAL Id: dumas-01112629

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01112629>

Submitted on 3 Feb 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Diversité entomologique des corridors prairiaux

Etude des bandes enherbées au bord des cultures

Lestrem Nature – Nord-pas-de-Calais

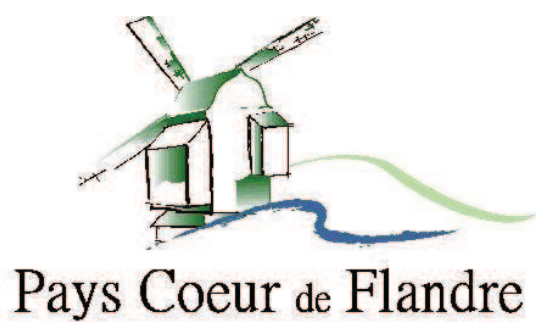
Par Tiphaine Roचाix



2013 - 2014



Financeurs de l'étude



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Virginie Artus, mon binôme, pour sa gentillesse, son soutien, sa patience et les connaissances qu'elle m'a apporté durant ce stage.

Merci à l'association Lestrem Nature, Jean-Louis WATTEZ (Président de l'Association) et Céline MENARD pour leur accueil, la mise à disposition de leurs locaux et de leur matériel.

Merci à Stéphanie RONDEL (CPIE Chaîne des Terrils), maître de stage, pour son accueil, son accompagnement et son soutien.

Merci à Bruno Desrolez (CPIE Chaîne des Terrils) pour sa disponibilité et ses connaissances.

Merci aux membres de l'association qui nous ont aidés pour la collecte des insectes.

Un merci tout particulier aux bénévoles qui nous ont aidé à creuser pour la pose des pièges : Philippes Macrelle, Didier Sénéchal, Philippes Blondiaux, Daniel Cabée, Joël Parasote, Alain et Annick de Jonckheere

Merci à Louis Bariselle président du SIAAAH (Syndicat Intercommunal d'Aménagement d'Assainissement Agricole et Hydraulique) pour ses informations et ses contacts.

Merci aux agriculteurs et propriétaires pour leur accueil, leur coopération et l'intérêt qu'ils ont montré pour notre étude (dans l'ordre alphabétique) : Etienne Barbry, Antoine Bernard, Ghislain Cassez, M et Mme Chavatte, Benoît Chavatte Bruno Dupont, Denis Dufossé, Hubert Sénéchal, M et Mme Wacquez et Michel Walle.

Merci à Cédric Vanappelghem du Conservatoire des Espaces Naturel du Nord-Pas-de-Calais pour le travail de détermination des syrphes.

Merci aux services de mairie des communes de notre zone d'étude pour leur information sur le cadastre : Calonne-sur-la-Lys, Hingues, La Couture, Lestrem, Locon, Mont-Bernanchon, Vieille-Chapelle.

Un merci tout particulier à Manon et Adeline, sans qui cette expérience n'aurait pas été ce qu'elle a été.

Merci à ma famille et à mes amis pour leur soutien durant ce stage.

Et merci à Martine et Pascal GRELIN qui m'ont accueilli durant mon séjour dans cette belle région.

Sommaire

Financeurs	3
Remerciements.....	4
Sommaire.....	5
Présentation structure d'accueil.....	6
Introduction.....	7
Etat de l'art : diversité entomologique et agriculture.....	10
Chapitre 1 Problématique et hypothèses.....	13
1.1 Contexte de l'étude.....	14
1.2 Problématique, objectifs et hypothèses de l'étude.....	14
Chapitre 2 Récolte des données et méthodes d'échantillonnage.....	17
2.1 Quels sont les taxons retenus pour l'étude ?	18
2.2 Potocoles et paramètres des inventaires	22
Chapitre 3 Résultats des traitements statistiques.....	28
3.1 Validation de la robustesse d'échantillonnage	29
3.2 Biodiversité entomologique présente sur le territoire	35
3.3 La diversité des carabidae	39
3.4 La diversité des insectes volants.....	43
3.5 La diversité végétale	47
Chapitre 4 Discussion, limites et perspectives de l'étude.....	50
4.1 Quelle composition végétale pour quel groupe d'insectes ?	51
4.2 Quelle mode de gestion de la parcelle pour valoriser la biodiversité entomologique	57
4.3 Les limites de l'étude	58
3.5 Perspective et poursuite de l'étude	59
Conclusion.....	60

Présentation des structures d'accueil

C'est en partenariat avec le CPIE Chaîne des Terrils que l'association de protection de l'environnement Lestrem Nature a décidé de recruter des stagiaires afin de mener une étude sur la diversité des insectes dans les bandes enherbées. Ces deux structures sont souvent associées dans des projets, en mettant leurs compétences en commun.



Lestrem Nature est une association créée en 1977 agréée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (1901 de protection de l'environnement) et présidée par Jean-Louis Watzet.

Les objectifs de cette association sont les suivants :

- Développer des projets pour le maintien et l'amélioration de la qualité de l'environnement, à travers la préservation ou la restauration des corridors écologiques ;
- Restauration des milieux humides ;
- Objectif de sensibilisation et d'éducation à l'environnement de la population locale, voir intégration des habitants dans les projets de l'association ;
- Prise de contact avec les acteurs du territoire : élus locaux, agriculteurs...

Lestrem Nature assure l'accueil des stagiaires dans ses locaux, la fourniture du matériel ainsi que l'indemnisation et le remboursement des frais de déplacements.



La Chaîne des Terrils est une association de la loi 1901, créée en 1993. Elle reçoit en 2001 le label CPIE (Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement).

Les objectifs principaux rejoignent ceux de Lestrem Nature, c'est-à-dire mener des projets d'ingénierie de l'environnement, d'activités de loisirs et de découverte, d'animations pour les enfants et des actions de formations et de dialogue territorial...

En plus de ces actions environnementales, le CPIE a pour vocation de revaloriser le patrimoine minier du territoire. Ses locaux sont d'ailleurs localisés sur le site de la base des terrils 11/19 à Loos-en-Gohelle, près de Lens, dans le bassin minier.

Le CPIE mène donc des actions pour la découverte des terrils et du site de la base 11/19 en organisant des activités touristiques et valorise la biodiversité présente sur les terrils.

Pour cette étude, le CPIE assure l'apport de connaissances scientifiques sur les espèces, de documentation ainsi que les formations nécessaires à l'étude (SIG, Gestion des bases de données...). Il fournit également du matériel.

Introduction

Bande enherbées, couvert végétal et biodiversité entomologique

La biodiversité, l'ensemble du vivant, constitue un enjeu majeur du XXI^e siècle. Les espèces vivantes sont estimées entre 6 et 30 millions sur la Terre selon le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. Dans une étude, publiée dans la revue scientifique PLOS Biology, un groupe de chercheurs canadiens et anglais évalue le nombre d'espèces à 8.7 millions. Il va sans dire que, malgré les imprécisions des chiffres et notre manque de connaissance sur une grande partie de la biodiversité, elle représente une richesse incontestable.

Au sein de cette richesse, se cache une partie mal connue du grand public et presque négligée. Il s'agit des insectes, qui représentent à eux seuls 70 à 80 % du monde vivant (Martinez et Gauvrit, 1997) alors que les vertébrés ne représentent que 6,5%. On recense environ 1.8 million d'espèces dans le monde et 35 000 espèces en France.

Et régulièrement, de nouvelles espèces sont découvertes. Par exemple, en 2002, un nouvel ordre est mis à jour : les Mantophasmatodea (D.Siaussat).

Cette biodiversité reste méconnue du grand public et même des experts. Beaucoup d'espèces ne sont pas capturées par les méthodes classiques, présentent un comportement inconnu ou sont liées à des milieux spécifiques difficiles d'accès. On peut également penser à un manque de compétences et/ou une pénurie importante d'entomologistes.

Ce manque de connaissance est d'autant plus alarmant que cette « biodiversité ordinaire » est extrêmement importante pour la santé de l'Homme, pour celle de l'environnement ainsi que pour notre économie en particulier dans le domaine agricole.

La biodiversité entomologique est fortement liée à l'activité agricole. En effet, de nombreux insectes jouent le rôle d'**auxiliaires de culture**. Ils sont indispensables aux activités agricoles par les **services écosystémiques** qu'ils rendent. Le rapport sur l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) définit ces derniers comme des « biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être. C'est pourquoi il est primordial de conserver et de valoriser cette biodiversité. La logique de la protection de la biodiversité a fortement évolué depuis la création de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature).

Dans un premier temps, seule la préservation pour l'avenir et les générations futures comptait. Le Sommet de Rio en 1992 a introduit l'aspect du bien-être humain pour les générations actuelles. Les biens et services écosystémiques, indispensables à la santé et au bien-être humain, sont alors mis en avant dans les politiques de protection de l'environnement, que ce soit à l'échelle globale ou locale.

Les biens sont produits par les écosystèmes. Il s'agit de la nourriture, des carburants, de l'eau... Les services sont classés, par l'UICN, en quatre catégories : les services culturels, d'approvisionnement, de régulation et d'assistance. La présente étude met uniquement en avant les services, et plus particulièrement des services compris dans les deux dernières catégories : il s'agit du contrôle biologique des populations de ravageurs et la pollinisation. Ils sont particulièrement utiles à l'agriculture.

Inversement, les activités agricoles jouent un rôle majeur dans la gestion du vivant et plus particulièrement de la diversité entomologique. Il est important de rappeler que les sols cultivés représentent environ 56% du territoire métropolitain français (chiffres de 2010, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt), ce qui implique une forte influence sur les paysages, les milieux et l'aménagement du territoire. À des fins productives, elle transforme les espèces, les écosystèmes et les cycles biologiques.

La biodiversité « ordinaire » connaît aujourd'hui de graves bouleversements (Krebs et al., 1999 ; Tilman et al., 2002). Les structures agricoles se modifient. En effet, une simplification du paysage rural se met en place durant les dernières décennies (Roschewitz et al., 2005). On observe également

un usage trop abondant des intrants chimiques tels que les pesticides, fertilisants et engrais. Ce qui entraîne une perte drastique de la biodiversité et des services écosystémiques (Thies & Tschardtke, 1999). Il est donc urgent de penser à une modification profonde des pratiques agricoles actuelles.

Le Grenelle de l'environnement prévoit une baisse de - 50 % dans l'utilisation des pesticides d'ici 2020. La préservation et la valorisation des carabes seraient une solution alternative pour répondre à cette exigence.

Depuis 2005, les agriculteurs qui touchent les aides de la PAC (Politique Agricole Commune) sont tenus de respecter les bonnes conditions agricoles environnementales (BCAE). L'une des obligations est de border tous les cours d'eau d'une bande végétalisée d'une largeur minimale de 5 mètres (Cf Annexe 1). Ces dispositifs agro-paysagers servent donc de « zone tampons » entre une parcelle de culture et un cours d'eau. Ils ont pour but premier de limiter la pollution de l'eau. Ils servent également de zone de manœuvres pour les engins agricoles.

Dans certains pays, par exemple en France, en tant que « couvert environnemental permanent », ils sont obligatoires sur une partie minimale du territoire. La plupart de ces bandes sont semées avec du ray-grass anglais (*Lolium perenne*), de la fétuque (*Festuca arundinacea*) et du dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*). Aujourd'hui ces couverts végétaux ne sont pas diversifiés. Beaucoup d'exploitants agricoles les fauchent pour éviter la propagation de plantes indésirables. Ces opérations représentent un coût non négligeable pour l'exploitation, sans parler de la perturbation régulière de la faune qui occupe ces bandes.

Cette étude porte sur la richesse entomologique des bandes enherbées et la nécessité de la préserver.

Présentation du secteur d'étude

La zone d'étude se situe dans le département du Pas-de-Calais, dans le Bas Pays de Béthune. Béthune est au contact de l'Artois et de la plaine des Flandres (Cf. Figure 1).

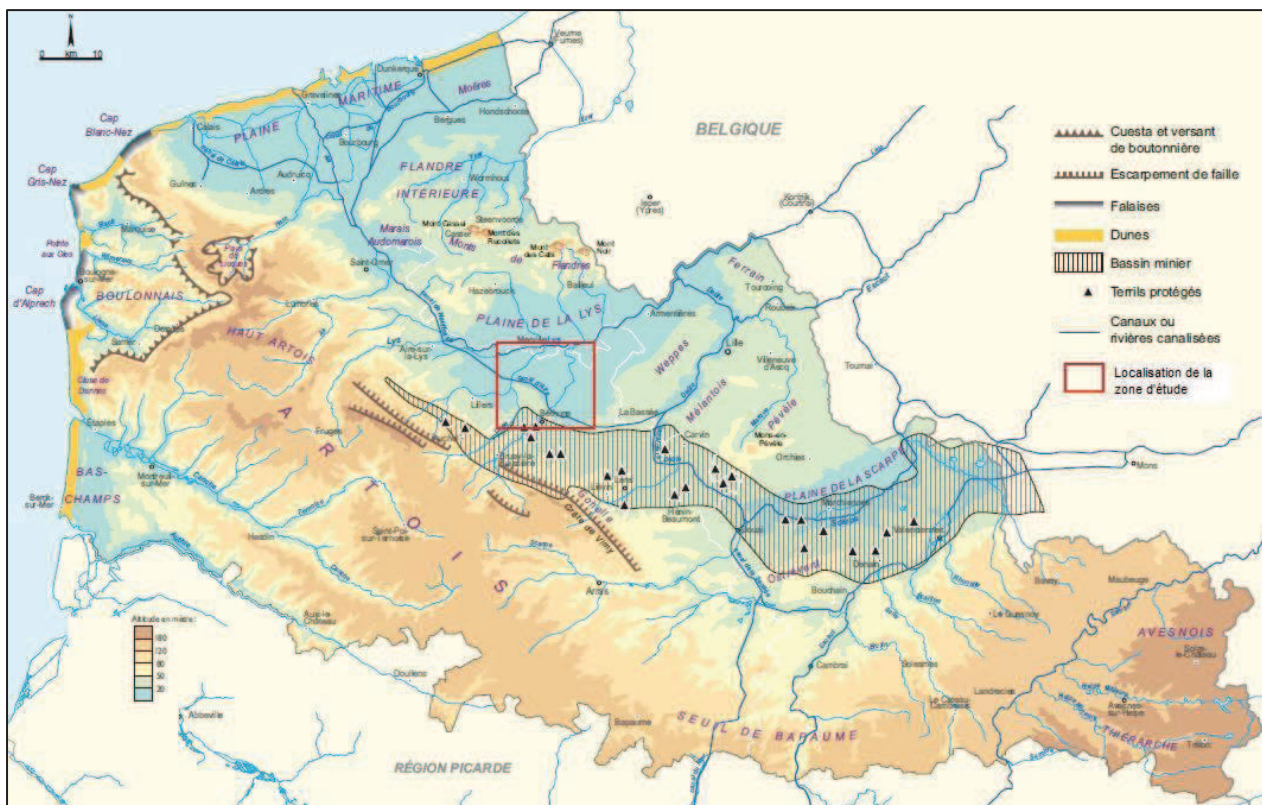


Figure 1 Localisation zone d'étude dans le département du Pas-de-Calais, Source : Direction Régionale de l'Environnement Nord Pas-de-Calais, 2005

Le secteur d'étude s'étend sur plusieurs communes de la Plaine de la Lys : Calonne-sur-la-Lys, La Couture, Hinges, Lestrem, Locon, Merville, Mont-Bernanchon et Vieille-Chapelle (Cf. Figure 2 et Annexe 2).

La couverture superficielle du Bas-Pays de Béthune est composée essentiellement d'argile et de sable du Tertiaire. Les limons du Quaternaire recouvrant le sol, accentuent l'imperméabilité des argiles.

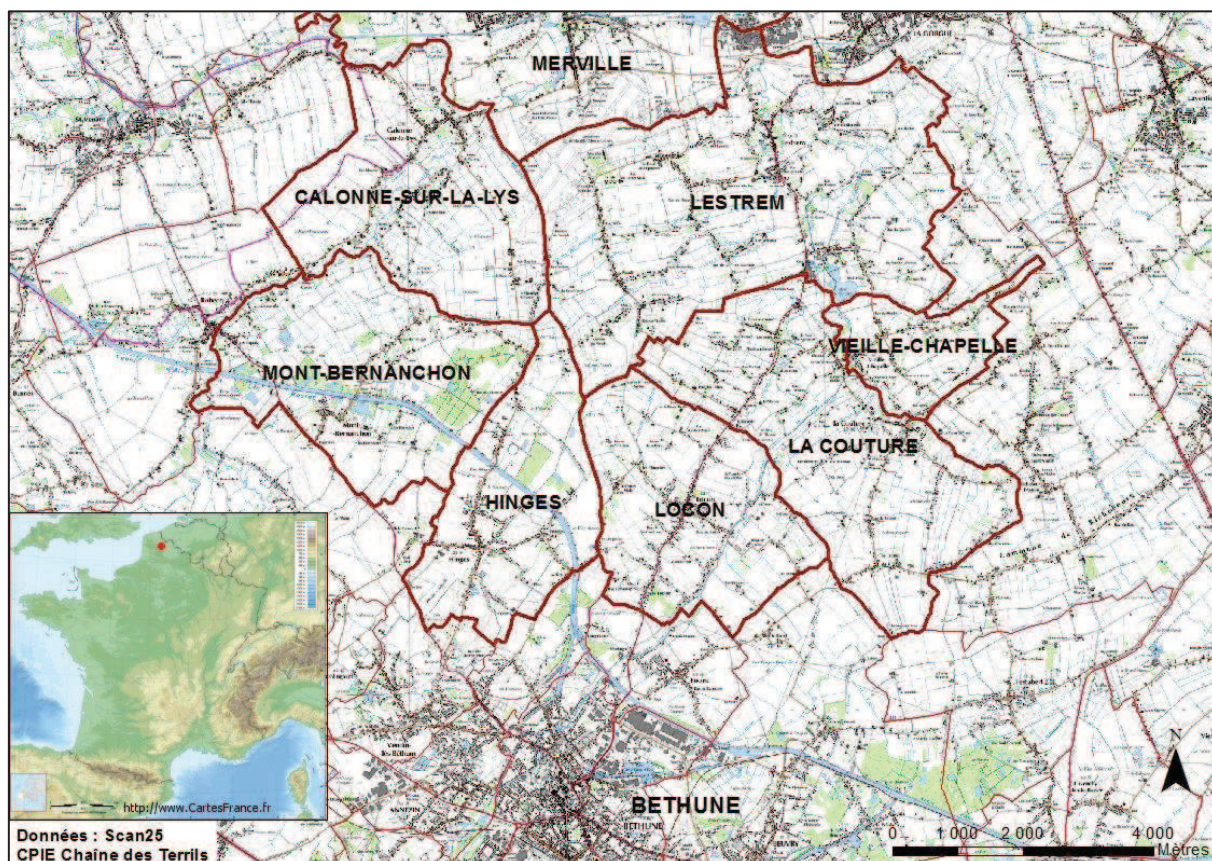


Figure 2 Zone d'étude de Lestrem (8 communes).

Ce secteur correspond, en partie, à la zone d'action de l'association Lestrem Nature.

Il s'agit de plaines alluviales, dans le bassin hydrographique de la Lys. Le secteur d'étude se situe en rive droite de la Lys. Un cours d'eau artificialisé est également présent dans la zone d'étude ; il s'agit du canal d'Aire. La plaine de la Lys présente de nombreuses zones humides.

Ce secteur est intéressant pour l'étude des bandes enherbées car il présente un réseau dense de fossés de drainage et de petits cours d'eau : la Lawe, la Clarence, la Vieille-Lys.

Ce secteur s'étend sur des plaines agricoles entrecoupé par un réseau dense de courants et de fossés. Les bandes enherbées sont installées le long de ces cours d'eau, entre parcelles agricoles et courants. Elles sont donc très présentes sur la zone d'étude.

Etat de l'art

Diversité entomologique et agriculture

Cet état de l'art, organisé par un emboîtement d'échelles, s'articule autour des cinq principaux axes de cette étude :

- la grande **diversité** des insectes ;
- leur rôle en tant qu'**auxiliaires de cultures**, l'importance de les préserver (lutte biologique, pollinisation...) et les menaces qui pèsent sur eux ;
- les bandes enherbées et/ou jachère à proximité des cultures comme **refuge/habitat** pour les insectes (solutions pour préserver les populations d'insectes et valoriser leur diversité) ;
- La contribution de l'agriculture dans la biodiversité entomologique
- la logique des corridors écologiques (corridors prairiaux) pour lutter contre la fragmentation paysagère et le problème de connectivité entre les cœurs de nature.

De nombreuses études ont mis en avant la diversité de l'entomofaune, ainsi que son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes (R. Guilbot 1999). En partant de ce postulat, de nouvelles mesures agro-environnementales ont été mises en place afin de préserver cette faune.

Elles témoignent de la volonté des agriculteurs et des pouvoirs politiques, de changer les méthodes de productions conventionnelles. En plus de la réduction des intrants chimiques, engrais et pesticides, l'aménagement du milieu permet d'accroître le contrôle biologique naturel des ravageurs des cultures. Une étude (Francis, Fadeur & Haubruge, 2005) a démontré l'effet de l'introduction d'une bande enherbée fleurie de 10 mètres de large en bordure de champs de froment et de betteraves a été observé sur une population de syrphes. La capture des insectes a été réalisée en utilisant des assiettes jaunes, disposées en triangle dans la bande enherbée, dans le champ, à 20 et à 50 mètres de cette dernière. La densité et la diversité des espèces de syrphes sont discutées en fonction de l'éloignement de la bande non cultivée et en relation avec l'intérêt agronomique de cette famille entomologique en tant que prédateurs aphidiphages.

C'est en Belgique que l'on trouve des études relatives à l'influence de la composition floristique des bandes enherbées ou des parcelles en jachère sur la biodiversité des insectes. (P. COLIGNON et al. de l'Unité de Zoologie générale et appliquée à la Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux en Belgique, 2004). En effet, ces surfaces sont aménagées utilement dans le but de favoriser le contrôle biologique des populations ravageuses, en offrant un refuge et des ressources à insectes auxiliaires de cultures. Les résultats de cette étude ont montré que l'introduction de trois espèces de plantes messicoles dans les bandes avec un mélange fourrager plus traditionnel attire des individus de différents groupes d'auxiliaires : insectes pollinisateurs tels que les hyménoptères (abeilles, bourdons et guêpes), les syrphes aphidiphages (prédateurs de pucerons). Le mélange optimal serait donc composé de chrysanthème des moissons, de bleuet et de coquelicot en plus de la base fourragère traditionnelle.

Pour ce qui est des carabes, la question est de savoir si l'intensification des pratiques agricoles affecte leurs populations et leur diversité. Dans une étude (Norma Millán de la Peña et al. 2002) la connectivité des haies a été mesurée. Les carabes, échantillonnés dans les haies, ont été identifiés à l'espèce, et regroupés en unités fonctionnelles. Des analyses multivariées ont été utilisées pour relier la distribution spatiale des insectes à différents paramètres de la structure du paysage. Les espèces forestières sont plus abondantes dans les réseaux de haies denses. L'ouverture du paysage induit un changement dans la composition des espèces. En effet, l'abondance relative des espèces de grande taille a diminué tandis que les petits, mobiles ont été favorisés.

Aux Pays-Bas, une étude sur les cordons « naturels » à proximité de cultures de poireaux et de choux (Walter K.R.E. van Wingerden et al. 2004) a démontré l'amélioration de la biodiversité des auxiliaires

de culture (ennemis naturels de ravageurs) dans ces corridors. Ainsi, planter des haies d'arbustes, d'arbres ou des bandes d'herbe favorise l'implantation d'insectes et une grande diversité d'espèces. Ces conclusions amènent à penser, d'un point de vu paysager, que plus la structure du paysage est complexe et plus biodiversité des insectes est importante.

L'agriculture peut contribuer à la conservation des systèmes à forte diversité, qui peut fournir des services écosystémiques importants, tels que la pollinisation et la lutte biologique. Les paysages structurellement complexes permettent d'améliorer la diversité et la richesse des insectes auxiliaires de culture dans les agroécosystèmes (Teja Tschardt et al. 2005). La prise en compte de la structure du paysage est donc très importante, cependant le manque de connaissances relative à la relation avec les services écosystémiques ne permettent pas le proposer des solutions de gestions fiables. La dimension paysagère doit devenir une priorité dans les études futures.

Le rôle des insectes dans le fonctionnement des écosystèmes prairiaux (R.Guilbot, 1999) n'est donc plus à démontrer. La question qui se pose maintenant est : y a-t-il des menaces qui pèsent sur cette faune. De nombreuses espèces vivant dans les prairies sont menacées par certaines actions de l'homme : l'intensification (par appauvrissement de la flore, surpâturage, modification des rythmes et dates de fauche...). On assiste ainsi à une réduction de la superficie des habitats d'intérêts entomofaunistique et floristique.

Ces bouleversements sont apparus à la fin de la Seconde Guerre Mondiale dans l'Europe de l'ouest. L'intensification de l'agriculture à travers l'ouverture des paysages, avec l'arrachage des haies pour faciliter le travail des engins mécaniques (C. Canévet, 1992), l'utilisation d'intrants chimiques (engrais et pesticides) ont eu des conséquences sur la biodiversité.

Dans le contexte actuel de remise en question des pratiques agricoles, de nombreuses études relatives aux insectes auxiliaires de culture sont apparues.

A l'échelle nationale, quelques études relatives à la connectivité entre les zones refuges de la faune, en particulier de l'entomofaune, ont été menées. C'est le cas dans les régions concernées qui présente une structure des paysages agricole particulière, comme la Bretagne, caractérisée par des haies autour des cultures et des prairies permanentes. En effet, la ZA (Zone Atelier) Armorique, en partenariat avec l'Université de Rennes, a mené plusieurs études relatives à la biodiversité entomofaunistique dans le contexte du paysage agricole actuel (Norma Millán de la Peña et al. 2002). Par exemple, les individus de la famille des carabes, appartenant au groupe des coléoptères, sont influencés par le changement des conditions environnementales. Dans quelques articles, on note les conséquences notables de l'intensification de l'agriculture avec l'ouverture des paysages dans une logique d'openfield, qui entraîne la baisse de connectivité entre les zones refuges. Ces changements affectent les populations de carabes, auxiliaires de culture (F. Burel et J. Baudry, 1989)

A l'échelle régionale, la FREDON Nord-Pas-de-Calais (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles) a menées de nombreuses études sur les dispositifs favorisant la faune auxiliaire de culture, notamment dans le cadre de la lutte biologique. Ces dispositifs sont des zones refuges pour la faune et en particulier pour les insectes comme les carabes ou les syrphes. Il s'agit de bandes enherbées, de haies ou de parcelles laissées en jachère à côté des cultures. Ces études ont mis en avant l'efficacité de ces zones refuges, avec des effets positifs jusqu'à 50 mètres dans les cultures de choux.

Sur la base de ces travaux, des mélanges de fleurs ont été expérimentés afin de définir la meilleure composition floristique pour attirer le plus d'insectes dans ces bandes. Par exemple, il a été démontré, de la même manière que l'étude de la Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (P. COLIGNON et al.), que des bandes enherbées composées de trois ou quatre familles floristiques accueillait jusqu'à sept fois plus de syrphes, ennemis naturels des pucerons qui ravagent les cultures, par rapport aux bandes de graminées. C'est pourquoi on y trouve jusqu'à cinquante fois moins de pucerons.

La région Nord-Pas-de-Calais est donc un « laboratoire » de nombreuses recherches relatives au rôle joué par les insectes auxiliaires de culture en termes de pollinisation ou de contrôle biologique.

A l'échelle locale, l'association Lestrem Nature participe à cet élan par l'embauche de stagiaires qui, chaque année, mènent des études sur le fonctionnement et l'efficacité du dispositif de la Trame verte et bleue relatif aux insectes et aux plantes (cf. PROJET CORECOL).

D'autres études ont été menées sur la thématique de la diversité entomofaunistique sur la zone d'étude autour Lestrem, mais à une autre échelle. Par exemple, Pauline Defives a effectué des inventaires à l'aide de pièges Barber sur trois bandes enherbées, présentant trois types de végétations : ray-grass anglais (*Lolium perenne*, L. 1753), Dactyle-fétuque (*Dactylis glomerata*, L. 1753 et *Festuca arundinacea*, Schreb.) qui sont des graminées et prairie fleurie (mélange de plantes floricoles). Le but de cette étude étant de connaître la meilleure composition végétale des bandes enherbées pour attirer les insectes. La conclusion s'est révélée intéressante. En effet, tous les insectes ciblés n'ont pas le même régime alimentaire et le même mode de vie. Ainsi chaque type de végétation convient à un ou plusieurs groupes d'insectes. La modalité « prairie fleurie » est préférée par les insectes floricoles et butineurs, c'est-à-dire les individus de la famille apidae (abeilles, guêpes et bourdons) ou syrphidae. On y trouve également des espèces amatrices de plantes mellifères (qui produisent du nectar) comme les rhopalocères (papillons). Les bandes enherbées étant composées essentiellement de ray-grass attirent un autre groupe d'insectes : les insectes granivores. C'est le cas de beaucoup d'espèces de carabes, qui complètent leur alimentation avec des graines. Le ray-grass se révèle donc intéressant pour ce type d'auxiliaires de culture mais également d'un point de vue coût d'entretien (Lesage et al. 2009). En effet, le ray-grass anglais pousse moins vite que les deux autres types de graminées (dactyle et fétuque), ce qui se traduit par moins de fauche de la bande pour l'exploitant. Il est donc possible de trouver des solutions alternatives qui permettent d'entamer une mutation des pratiques agricoles.

Ces différentes études ont amené des conclusions : les bandes enherbées et les haies aux abords des cultures sont des bons refuges pour les auxiliaires de cultures et la diversité végétale favorise la diversité entomologique.

Il est intéressant de se baser sur ces constats pour discuter des résultats obtenus dans cette étude.

CHAPITRE 1

Problématique et hypothèses

Ce chapitre a pour but de présenter les questions de la problématique, les objectifs et les missions à effectuer pour répondre à ces questions.

1.1 Contexte de l'étude

L'association de protection de l'environnement Lestrem Nature œuvre depuis sa création, en 1977, au maintien et à la restauration de corridors écologiques sur les communes du Bas Pays de Béthune et de la vallée de la Lys. Elle fait en sorte que la biodiversité soit prise en compte dans les projets d'aménagements tels que la mise en place de l'Agenda 21 de la Communauté de Communes Flandre Lys, la restauration écologique de fossés pour le SIAAAH (Syndicat Intercommunal d'Aménagement d'Assainissement Agricole et Hydraulique).

D'autre part, elle assiste les communes du territoire dans la réalisation de projets liés à la mise en place de la Trame Verte et Bleue (boisement à Lestrem, restauration de zone humide à Hinges).

Il y a également de nombreux suivis d'espèces menés depuis quelques années : les odonates (4 années d'inventaires et suivis sur les courants du secteur), les amphibiens (inventaires sur les zones humides menés depuis 2009).

Ces deux thématiques d'inventaire ont donné lieu à des actions concrètes de gestion des zones humides pour favoriser les connexions entre les cœurs de nature et les corridors.

D'autres groupes font également l'objet d'inventaire sur la zone d'étude de Lestrem : les coccinelles, les papillons...

Pour l'année 2014, une thématique centrée sur l'entomofaune des bandes enherbées agricoles est développée. Le but étant de mesurer l'attractivité des ces bandes pour les insectes et de la comparer à des zones témoins au sein des cœurs de nature existants sur le secteur, c'est-à-dire les prairies. Pour cela, la diversité végétale et floristique des bandes enherbées sera étudiée.

Le but final est de formuler des propositions de semis les plus attractifs possibles pour la biodiversité sur ces bandes enherbées. C'est donc en lien avec le CPIE Chaîne des Terrils, que Lestrem Nature démarre une étude sur la fonctionnalité des corridors prairiaux afin de mesurer l'utilisation des bandes enherbées par les insectes de divers groupes connus (coléoptères, hyménoptères, lépidoptères, diptères) en s'appuyant sur l'analyse de différents paramètres : composition végétale de la bande enherbée...

L'objectif principal est de mieux connaître l'utilisation, par les différentes espèces de groupes entomologiques identifiés, de ces bandes enherbées en fonction de la diversité floristique.

1.2 Problématique, objectifs et hypothèses de l'étude

Pour répondre à cette commande, plusieurs questions se sont imposées. Il est d'abord nécessaire d'explicitier les postulats de départ.

D'une part, les prairies sont considérées comme des « cœurs de nature », qui servent de zones témoins en termes de diversité floristique. On considère donc qu'elles ont une plus grande richesse floristique, notamment en diversité spécifique, que les bandes enherbées.

D'autre part, de nombreux insectes présents dans les bandes enherbées et prairies sont des auxiliaires de cultures (ennemis naturels de ravageurs, pollinisateurs...). Il est donc nécessaire de préserver et de valoriser cette diversité entomologique car elle est indispensable à l'agriculture, surtout dans le cadre d'un changement des pratiques de ce domaine d'activité.

1.2.1 Problématique et hypothèses

C'est à partir de ces postulats que découlent les différentes questions autour desquelles s'articule la présente étude.

Les bandes enherbées constituent-elles des zones refuge pour les insectes ?

Quelles sont les espèces d'insectes que l'on retrouve dans les bandes enherbées ? Comment mesurer leur population et leur diversité ?

Quels sont les liens entre la richesse spécifique des insectes et la richesse spécifique floristique des bandes enherbées et des prairies témoins ?

L'occupation du sol autour des bandes étudiées influence-t-elle la diversité entomologique ?

En lien avec les cœurs de nature constitués par les prairies pâturées et/ou fauchées, les bandes enherbées agricoles peuvent-elles avoir des fonctions de corridors écologiques ?

A partir de la commande, il a été décidé d'élargir l'étude à d'autres problématiques actuelles, notamment liées à l'agriculture et à la réflexion sur la mutation des pratiques.

Dans la mesure où certaines espèces d'insectes sont des auxiliaires de cultures, quelles sont celles qu'il faut préserver en priorité ?

Les pratiques agricoles sur les parcelles bordées par les bandes enherbées ont-elles une influence sur les populations et la diversité des insectes ?

Quels sont les moyens à mettre en œuvre par les agriculteurs, pour augmenter la population et la diversité de ces espèces (réduction des intrants chimiques pour traitement des cultures, gestion et entretien des bandes enherbées, semis des bandes...) ?

Face à ces questions, des hypothèses et scénarii sont envisagés.

Hypothèse 1 : la diversité floristique est favorable à la diversité spécifique des insectes et à un plus grand nombre d'individus par espèce présente.

Scénario envisagé : les prairies témoins accueillent plus d'espèces d'insectes et plus d'individus que les bandes enherbées car elles présentent une végétation diversifiée.

Hypothèse 2 : l'agriculture dite « raisonnée », c'est-à-dire sans labour profond, valorise la richesse entomologique, notamment pour les espèces de carabes, auxiliaires de cultures.

Scénario envisagé : les bandes enherbées le long de cultures gérées de manière « raisonnée » présentent un plus grand nombre d'individus et d'espèces que celles le long de cultures traditionnelles.

1.2.2 Objectifs, tâches et missions

Pour répondre à ces questions, plusieurs objectifs ont été définis.

Dans un premier temps, il sera nécessaire faire des inventaires d'insectes présents sur les bandes enherbées et les prairies témoins, afin de mesurer la biodiversité entomologique.

Ensuite, des relevés botaniques seront effectués car la composition végétale des bandes enherbées et des prairies est un critère essentiel pour répondre à la problématique.

La comparaison de la diversité des insectes des bandes enherbées puis des prairies témoins en fonction de la diversité floristiques étant la finalité de l'étude.

D'autre part, il serait intéressant d'étudier l'apport de la diversité entomologique des bandes enherbées sur les cultures et, inversement, l'influence de la gestion des cultures sur cette diversité dans les bandes enherbées

Pour remplir ces objectifs, de nombreuses missions sont à effectuer :

- Phase bibliographique et préparation du terrain :
 - Détermination des protocoles sur la collecte de données des groupes entomologiques (groupes à inventorier, piégeage des insectes, nombres de passage durant la période, localisation des pièges à insectes...)
 - Méthodologie pour la caractérisation des milieux (définition des paramètres...) constitués des bandes enherbées et des prairies.
 - Contacter les agriculteurs qui exploitent les parcelles bordées par les bandes enherbées retenues et les propriétaires des prairies.
 - Méthodologie des tests statistiques et des traitements cartographiques.
- Suivis naturalistes (phase de terrain)
 - Relèves des pièges et détermination des insectes au sol (coléoptères par exemple)
 - Détermination des espèces capturées au filet fauchoir
 - Inventaire botanique
 - Détermination des espèces d'insectes volants (rhopalocères, hyménoptères, syrphes)
- Analyse des résultats (traitements statistiques)
 - Saisie des données recueillies sur le terrain
 - Analyse des problématiques identifiées sur le territoire quant à la dispersion des espèces étudiées.
- Restitution finale
 - Rédaction d'un rapport final à remettre à l'association
 - Présentation des résultats
 - Cartographie des habitats favorables, des espèces, de leur dispersion
 - Propositions de gestion des bandes enherbées à mettre en œuvre.

CHAPITRE 2

Récolte des données et méthodes d'échantillonnage

Après avoir soulevé les questions autour desquelles s'articule cette étude, ce chapitre présente les protocoles des quatre types d'inventaires qui ont été effectués.

Ces protocoles doivent être précis et rigoureusement appliqués sur le terrain. En effet, les données qui seront obtenues ne doivent pas influencer les résultats à la suite des traitements statistiques.

2.1 Quels sont les taxons retenus pour l'étude ?

Même si la campagne d'inventaire fut exhaustive, seuls quelques taxons ont été ciblés pour répondre aux problématiques de cette étude (Cf. Annexe 4). Après avoir défini les objectifs, il a été décidé de retenir des espèces auxiliaires de culture mais également des espèces dites à valeur patrimoniale. Ces dernières ne sont pas nécessairement « utiles » pour l'agriculture mais elles permettent de valoriser la biodiversité de la zone d'étude et d'enrichir les connaissances du territoire.

2.1.1 Les insectes « auxiliaires de culture »

Les insectes dits « auxiliaires de culture » sont ciblés en priorité car leur étude permet de répondre aux problématiques de mutations des pratiques agricoles.

2.1.1.1 Groupe des coléoptères

Ce groupe comprend de nombreuses espèces auxiliaires de culture bien connue : les carabes et les coccinelles.

2.1.1.1.1 Famille des carabidae

Les coléoptères carabiques appartiennent à la famille des Carabidae. Il s'agit d'une des familles les plus riches en espèces. D'après différents auteurs, il y aurait entre 40 000 et 60 000 espèces dans le monde (Forel J. & Leplat J., 2005). Ce qui représente approximativement 4,3 % de toute la diversité du règne animal (Laroche, 1990). En termes d'écologie, la plupart sont des insectes terricoles, c'est-à-dire qu'ils vivent à surface du sol. Ce sont de redoutables prédateurs de petits invertébrés : petits arthropodes, larves, et surtout les mollusques comme les limaces. Ils mangent aussi les pucerons qui sont de grands ravageurs de cultures. Ces derniers transmettent des maladies aux cultures en les mangeant. Les carabes sont également granivores.

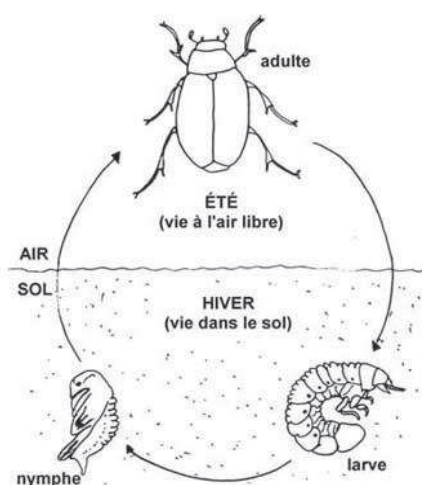


Figure 3 Cycle de vie des carabes, Jeannel

Les larves, tout comme les adultes, sont de grands prédateurs, mais contrairement aux adultes, celles-ci vivent dans le sol (Cf. Figure 3). Cette caractéristique biologique fait des carabes l'objet de plusieurs études, portant notamment sur les effets des travaux de sol (Stinner et House, 1990) sur l'abondance relative et la richesse spécifique de cette famille. La femelle pond les œufs sous terre. 15 jours après, ils donnent naissance à une larve.

C'est durant le mois de juin que les larves sortent du sol pour aller dans les cultures. Elle mue 2 fois avant d'arriver au stade de nymphe. Après une période de 15 à 45 jours, cette dernière devient adulte. La plupart des adultes vivent 3 ans ou plus.

Les carabes vivent dans des habitats terrestres très diversifiés : milieux naturels, semi-naturels ou fortement anthropisés. Les nombreuses espèces vivant dans les milieux herbacés sont sensibles à divers types de facteurs écologiques. Cela en fait donc de bons indicateurs écologiques de l'état et de l'évolution de milieux naturels ou plus ou moins transformés par l'Homme.

2.1.1.1.2 Famille des staphylinidae



Photo 1 *Ocypus olens*, 2014

Les staphylins sont des coléoptères au corps allongés, avec les élytres plus courts que l'abdomen. Les adultes sont des prédateurs chassant les larves de diptères. Les femelles pondent leurs œufs dans les pupes de diptères, ce qui en fait des parasitoïdes. Les adultes chassent jour et nuit au sol ou sur la végétation basse. On les rencontre fréquemment dans les endroits présentant un grand nombre de larves de mouches, comme les fruits et les algues en décomposition ou le compost. En dehors des diptères, ils s'attaquent

également aux Limaces, escargots, acariens, cochenilles, chenilles...

Certaines espèces consomment de la matière organique morte et contribuent à la formation de l'humus. Les adultes sont fréquemment vus au printemps et au début de l'été.

2.1.1.1.3 Famille des coccinellidae

Cette famille appartient au genre des coléoptères au même titre que les carabidae et les staphylinidae. Les larves et les adultes ont le même habitat et le même régime alimentaire : ils sont **entomophages** pour la sous-famille des Coccinellinae (Cf. Figure 4), et **phytophages** pour celle des Epilachninae.

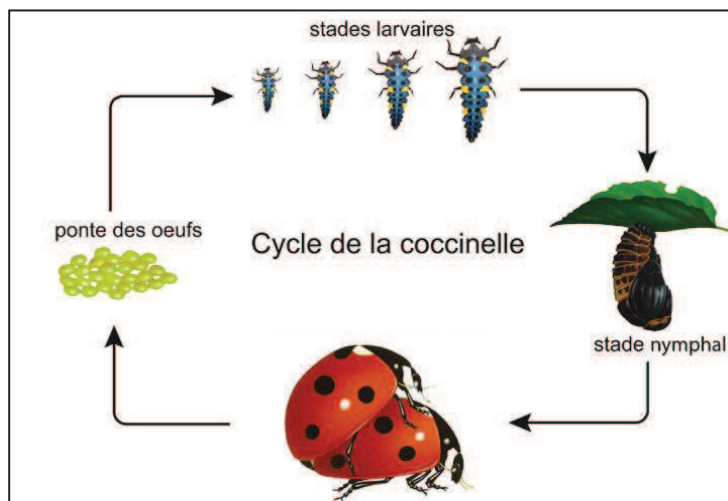


Figure 4 Cycle de vie de coccinellidae (Sources : AREHN)

Les coccinelles observent une période de **diapause** en hiver sous la forme adulte. La plupart des espèces restent tout l'hiver cachées dans leurs sites d'hibernation (fissures des écorces, litière de feuilles mortes...). C'est au mois d'avril qu'elles sortent de leur léthargie. Selon les espèces, il y a une seule ou plusieurs générations par an.

Les coccinelles sont connues pour leurs services rendus dans le cadre de l'agriculture biologique en tant

qu'auxiliaires de culture. En effet, elles se nourrissent de pucerons et de cochenilles. Ces insectes sont particulièrement voraces. Les adultes peuvent manger jusqu'à 100 pucerons par jours tandis que les larves peuvent en manger jusqu'à 150. Certaines espèces seraient également de très bons bio-indicateurs.

2.1.1.2 Famille des Apidae (Groupe des Hyménoptères)

Dans cette famille, ce sont les bourdons (genre *Bombus*), les abeilles (genre *Apis*) et les abeilles solitaires qui ont été ciblées pour l'étude. Il s'agit de très bons auxiliaires de culture.

Une seule abeille peut stocker sur une seule de ses pattes postérieures 500 000 grains de pollen et visiter en une seule heure 250. Ainsi, sur les 100 espèces de plantes alimentaires les plus cultivées dans le monde, 71 seraient pollinisées uniquement par les abeilles domestiques et solitaires.



Photo 2 *Bombus pascuorum*
(Virginie Artus, 2014)

Le bourdon (Cf. Photo 2) est un excellent pollinisateur dans des conditions difficiles. En effet, il est capable de travailler à des températures très basses (10°C) et malgré des conditions météorologiques défavorables (pluies, vent, faible luminosité). Ce comportement a en effet été observé sur le terrain lors des inventaires. Par contre une température trop élevée (supérieure à 35°C) provoque l'arrêt complet du butinage pour ces espèces.

Par la pollinisation, les abeilles et les bourdons jouent un rôle essentiel dans la conservation de notre patrimoine naturel. Pendant leur travail de butinage, ils transportent le pollen de fleur en fleur et favorisent ainsi leur fécondation. Il va s'en dire que ce processus

contribue largement à l'amélioration des rendements des cultures.

Ils participent ainsi à la production de 35% de la nourriture de l'homme et est indispensable à la survie de 80% des plantes à fleurs. Ils pollinisent 90 plantes sur lesquelles repose une grande partie de l'alimentation des humains (Communiqué de presse, CNRS).

2.1.1.3 Famille des Syrphidae (Groupe des diptères)

Les Syrphes sont partie du groupe des diptères. Facilement reconnaissables ils volent de façon très particulière en faisant du « sur place ».



Photo 3 *Eristalis* sp. (Tiphaine Rochaix, 2014)

On les détermine grâce à un élément morphologique tout à fait caractéristique au niveau de la nervation des ailes : l'aile présente un « faux bord » formé par la nervure transversale médio-cubitale et une branche de la nervure médiane qui décrit une courbe et court parallèlement au bord de l'aile pour fermer la cellule postérieure. Il y a également chez presque toutes les espèces une «fausse nervure», la **vena spuria**, située entre le secteur radial et les nervures médianes. 505 espèces de cette famille sont recensées en France.

Les adultes sont, sauf exception, floricoles de façon plus ou moins spécialisée. Ils se nourrissent de nectar, de pollen et de pucerons. Les larves peuvent être soit zoophages, soit phytophages, soit saprophages aquatiques ou terrestres. Les modes de vie des larves et adultes sont donc différents et les milieux doivent répondre aux diverses exigences, des adultes comme des larves.

2.1.2 Les espèces à valeur patrimoniale

Ce groupe désigne les espèces qui ne sont pas des auxiliaires de culture à proprement parlé. Elles ont une valeur patrimoniale. On peut également parler de bioindicateur. C'est-à-dire que si ces espèces sont présentes elles sont témoins d'une bonne santé de l'environnement. Ces espèces sont bien connues du grand public ce qui favorise la communication autour de l'étude.

2.1.2.1 Sous-groupe des rhopalocères



Photo 4 *Aglais urticae*, Petite tortue (Virginie Artus, 2014)

Le sous-groupe des rhopalocères désigne les papillons de jour (Cf. Photo 4). Ils font partie du groupe des lépidoptères, avec les papillons de nuit (sous-groupe des Hétérocères).

Les papillons de jour jouent également un rôle dans la pollinisation des plantes à fleurs, même si leur contribution est bien moins importante que celle des bourdons.

2.1.2.2 Groupe des odonates

Les odonates constituent un ordre d'insectes hémimétaboles. Ils ont un cycle de vie intimement lié aux milieux aquatiques (eaux stagnantes ou courantes). Il y a dix familles de cet ordre en France. Cet ordre se scinde en deux sous-ordres : les anisoptères (« libellules »), au corps trapu et aux ailes antérieures et postérieures différentes, et les zygoptères (« demoiselles »), au corps très fin et aux quatre ailes identiques.

Quelques individus sont en effet présents sur les bandes enherbées due à la proximité des fossés et autres courts d'eau. Ce groupe a d'ailleurs fait l'objet de plusieurs inventaires et études menés par des stagiaires de Lestrem Nature (Demarle R. 2012 et Kieffer E. 2013).

Les Odonates sont des insectes prédateurs, à larves aquatiques. Leur développement comprend principalement trois stades : l'œuf, la larve et l'adulte. Adultes, ils chassent à la vue et capturent leur proie avec leurs pattes antérieures. Les larves sont également prédatrices. Elles sont munies d'un organe spécifique et unique, appelé masque, qui leur permet de capturer leurs proies avec une très grande rapidité. L'alimentation des odonates est constituée d'autres insectes. Les nymphes et les insectes adultes aident donc à contrôler la population de moustiques.

2.2 Protocoles et paramètres des inventaires

Pour cette étude, il est nécessaire de capturer les insectes dont les familles ont été retenues afin de déterminer leur espèce. Ces campagnes de capture permettent, à la suite des traitements statistiques, d'obtenir un indice de biodiversité et une richesse spécifique et intra-spécifique. Les espèces, familles et groupes retenus ont été exposés précédemment. Il y a donc des espèces au sol (carabes), des insectes qui se trouvent dans les parties hautes des herbes et des insectes volants. Les méthodes de capture sont donc très différentes suivant les insectes.

2.2.1 Piégeage de l'entomofaune terricole (Carabidae, staphylinidae) : le piège Barber

2.2.1.1 Choix du piège

Le piège Barber (Barber, 1931) est une méthode de capture passive qui consiste à enfoncer un récipient dans le sol interceptant les insectes mobiles qui tombent à l'intérieur (Cf. Photos 5 et 6).



Photo 5 et 6 Piège Barber (Virginie Artus 2014)

Ce piège a été choisi car il présente de nombreux avantages (Cf. Tableau 1). Le couvercle n'est pas obligatoire. Cependant il a été décidé d'en mettre un car il protège le piège. Il limite la quantité de débris, végétaux qui pourrait tomber dedans et d'eau de pluie.

Tableau 1 Avantages et inconvénients de la méthode du piège Barber (ou piège à fosse). Source : Bouget & Nageleisen, 2009.

Avantages	Inconvénients
Bon marché (utilisation de fond de bouteille en plastique)	Choix du liquide conservateur (alcool...) pouvant être attractif voir nocif
Simple d'emploi	Dégradation fréquente par la grande faune (mammifères...)
Pose et relevé rapide	Débordement possible (eau de pluie)
Effectifs importants	Capture d'espèces non-ciblées

Ce piège d'interception mesure une activité-abondance des invertébrés. L'activité-abondance est corrélée à la densité locale de population autour du piège (Baars, 1979).

Le liquide de conservation des insectes choisi peut avoir une influence sur l'entomofaune récolté en attirant ou repoussant certaines espèces. Il a donc été décidé de mettre uniquement de l'eau et du sel car ce mélange serait le plus neutre.

L'efficacité de capture est espèce-dépendante : les espèces plus petites et moins actives sont sous-représentées dans les échantillons (Sunderland *et al.*, 1995).

Le diamètre de l'ouverture du piège conditionne le nombre d'individus échantillonné : plus le diamètre d'ouverture est important, plus la richesse et l'abondance augmente (Koivula *et al.*, 2003).

2.2.1.2 Matériel et pose des pièges

Des fonds de bouteille plastique de 1.5L ont été utilisés. Elles ont été découpées à 20 cm de hauteur et mesurent de 10 cm de diamètre. Ils sont enfoncés dans le sol en continuité avec l'affleurement. Le goulot des bouteilles a été découpé et posé à l'envers sur le piège pour former un entonnoir. Ces pièges contiennent un pot qui est rempli à moitié avec un liquide de conservation type saumure (mélange eau et 10% de sel).

Ces pièges seront disposés après creusement de trous à l'aide d'une pelle. Six pièges seront placés tous les 5m, qui formeront un transect. Cinquante transects ont été définis. Il y en aura plusieurs sur les bandes enherbées et les prairies.

Les pièges seront mis en place sur le terrain de fin avril à fin juillet (Cf. Annexe 3).

2.2.1.3 Relevé et détermination des individus

Le contenu des pièges est relevé 4 fois durant la période d'étude (voir calendrier), à l'aide de sachet de congélation transparent, annoté de l'identifiant du pot ainsi que de la date.

La détermination des espèces capturées sera effectuée dans les locaux de l'association, à l'aide du matériel nécessaire pour certaines caractéristiques invisible à l'œil nu (loupe binoculaire...). Les individus des espèces non-ciblées sont également comptés.

2.2.1.4 Paramètres des relevés Barber

Les paramètres sont renseignés : le numéro de session (associé à la date de relevé), le code de la station (le premier chiffre correspondant au numéro de bande ou de prairie, le deuxième chiffre correspondant au numéro de transect et la lettre au piège).

La prise en compte des incidents sur le terrain est importante dans les traitements statistiques. Certains pièges sont bouchés ou endommagés à cause de la fauche ou du passage de tracteur. Ce sont autant d'incidents qu'il faut renseigner dans la base de données pour fausser le moins possible les résultats.

Après les paramètres, chaque colonne correspond à une espèce vue sur le terrain. Pour chaque station, le nombre d'individus de chaque espèce est renseigné (Cf. Tableau 2).

Tableau 2 Extrait des tableaux de relevés Barber

Session	STATION	Remarque	MICROMAM	AMPH	PSEUDOSCORP	ARA	DIP	SYR
4	P5_T1_A	ND	0	0	2	5	9	0
4	P5_T1_B	ND	0	0	0	7	2	1
4	P5_T1_C	bouché	0	0	1	5	2	0
4	P5_T1_D	ND	1	0	0	11	16	0

2.2.2 Protocole d'échantillonnage de l'entomofaune de la strate herbacée : filet fauchoir

Les insectes de la strate herbacée seront capturés avec un autre outil, adapté à leur comportement et déplacements : le filet fauchoir (Cf. Photo 7).

Cette méthode a pour objectif d'échantillonner les insectes présents au niveau de la strate herbacée et notamment les punaises, les cétoines, ainsi que les coccinelles.

2.2.2.1 Technique d'échantillonnage



Photo 7 Filet fauchoir

Afin d'échantillonner cette faune, une méthode active est utilisée: le filet fauchoir. Cette technique consiste à « faucher » la végétation par un mouvement de va et vient. Afin de standardiser la méthode, un nombre de passages constant est défini : 18 allers retours avec le filet fauchoir le long du transect, parcouru à une vitesse constante et par le même opérateur (Réserve Naturelle Marais de Lavours, 2008-2012). Le contenu du file sera compté 3 fois sur le transect (arrêt tous les 6 allers-retours). Cela évite d'avoir trop d'individus à la fois.

2.2.2.2 Tri, identification et nomenclature des spécimens

Lors de la fin du passage sur le transect, les individus des espèces non-ciblées sont comptés. Une détermination directe par observation visuelle pour les espèces facilement identifiable est effectuée, afin de limiter la destruction d'espèces. Certains individus sont prélevés si leur détermination sur place est impossible.

2.2.2.3 Paramètres des relevés « fauchoir »

Les paramètres du relevé au filet fauchoir sont les mêmes que ceux du relevé « volant » (Cf. partie 2.2.3.3).

2.2.3 Protocole d'échantillonnage de l'entomofaune volante : chasse à vue

Ce protocole a pour but d'identifier et de dénombrer l'entomofaune volante telle que les rhopalocères, les odonates, certains diptères (syrphes et bombyles) et certains hyménoptères (abeilles et bourdons).

2.2.3.1 Technique d'échantillonnage

La technique d'échantillonnage de ces groupes est basée sur le protocole « PROPAGE », mis en place pour l'identification et le dénombrement des papillons (Noé Conservation).

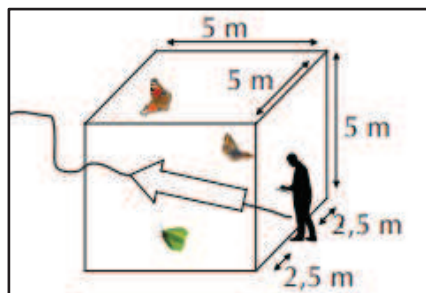


Figure 5 Technique d'échantillonnage de l'entomofaune volante : Chasse à vue

Seules les espèces observées dans une boîte imaginaire de 5 mètres de côté autour de l'observateur sont comptés (125 m^3). Le temps de parcours du transect est d'un mètre en deux secondes (Cf. Figure 5), soit 50 secondes passées sur un transect de 25 m. L'activité de ces espèces, et plus particulièrement celle des papillons étant fortement affectée

par les conditions météorologiques, les relevés sont effectués lors de journées ensoleillées sans vent fort, entre 11h et 17h.

2.2.3.2 Tri, identification et nomenclature des spécimens

Cette méthode a l'avantage d'éviter la destruction des spécimens. En effet, les individus sont déterminés directement lors du parcours du transect. Dans le cas où l'observateur ne peut pas identifier les espèces, celles-ci sont capturés au filet à papillon pour être déterminées. Les individus de la famille syrphidae sont prélevés puis envoyés au Conservatoire des Espaces Naturels du Nord-Pas-de-Calais, car leur détermination est difficile et doit être réalisé par des professionnels.

2.2.3.3 Paramètres des relevés « volants »

Les insectes volants sont particulièrement sensibles aux paramètres météorologiques. C'est pourquoi il est nécessaire de les indiquer lors des relevés. La température est renseignée à l'aide d'un thermomètre emporté sur le terrain. La couverture nuageuse et le vent sont indiqués à l'aide de 5 classes (Cf. Tableaux 3 et 4).

Tableaux 3 et 4 Classes des paramètres : couverture nuageuses et vent

Classes	Description	Classes	Description
0	Pas de nuages	0	Pas de vent
1	Présence de cumulus	1	Légère brise
2	Couverture moyenne	2	Vent moyen
3	Couverture importante avec des éclaircies	3	Importantes rafales
4	Couverture épaisse	4	Vent fort

Les paramètres « couverture nuageuse » et « vent » sont indiqués de manière subjective. Pour les rendre plus objectif, ce sont toujours les deux mêmes personnes qui les renseignent.

Dans la mesure où la fréquentation des volants, notamment des butineurs, est influencée par la présence de plante en fleurs, le taux de recouvrement floristique est indiqué. Un quadra est placé 3 fois sur le transect (au début, au milieu et à la fin) puis une moyenne est calculée sur les trois estimations. Dans un souci de précision, le taux de recouvrement floristique est indiqué avec un pourcentage de recouvrement, sans classification. La hauteur de végétation est également prise sur trois points du transect, puis une moyenne est calculée. L'ensemble de ces paramètres sont renseignés dans le tableau des données volant (Cf. Tableau 5) avec le nombre d'individus de chaque espèce observée.

Tableau 5 Extrait de la table de donnée des inventaires Volants

Stations	Date	Heure	Nombre d'individus	Nombre d'espèces	Hauteur végétation (cm)	Couverture Floristique (%)	T°C	Nuage	Vent
P1_T1	18/04/2014	11:50	1	1	10	0	24	3	3
P1_T2	18/04/2014	11:50	0	0	8	0	24	3	3
P1_T3	18/04/2014	11:50	2	1	9	0	24	3	3
P2_T1	18/04/2014	12:35	4	2	15	3	24	3	3
P2_T2	18/04/2014	12:35	0	0	11	<1	24	3	3

2.2.4 Protocole de relevé botanique

Ces inventaires seront indispensables pour comparer la diversité entomologique des différentes bandes enherbées et prairies en fonction de la diversité floristique. Ceci dans le but de déterminer la composition floristique optimale pour accueillir le plus d'insectes auxiliaires de culture.

2.2.4.1 Technique d'échantillonnage

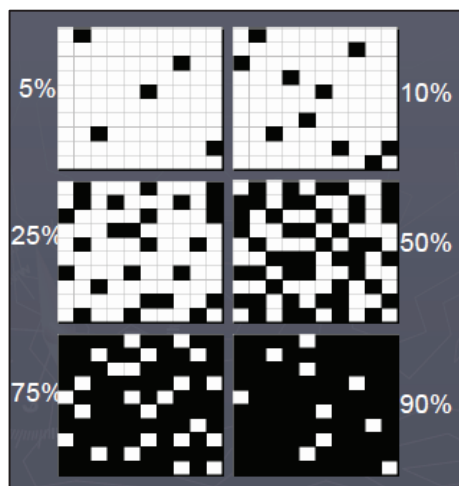


Figure 6 Schéma pour l'évaluation des indices de recouvrement. D'après Hautekeete, cours M1 Phytosociologie : Principes et méthodes.

La méthode consiste à estimer de manière visuelle le pourcentage de recouvrement des espèces végétales (Cf. Figure 6) contenu dans un quadra. La taille du quadra est un choix important puisqu'elle conditionne l'échantillon représentatif de notre communauté. Dans une optique de gain de temps, il a fallu se baser sur les ordres de grandeur donnés par Noël Walter (2006) pour la taille adéquate selon le type de milieu, plutôt que de calculer l'aire minimale. Un quadra de 9 m² est utilisé.

Le quadra est au hasard le long de chaque transect. Un taux de recouvrement moyen est donc déterminé pour chaque espèce de plante présente.

2.2.4.2 Tri, identification et nomenclature des spécimens

Les espèces sont déterminées in situ dans la mesure du possible. Pour les espèces non identifiables, celles-ci sont récoltées, séchées puis déterminées ultérieurement.

Le but n'étant pas de regarder l'évolution dans le temps de la composition floristique, le nombre de relevé sera limité. Cependant, toutes les espèces végétales ne sont pas visibles en même temps. Afin de faire qualifier au mieux la végétation des bandes enherbées et des prairies, trois inventaires ont été effectués : début mai, début juin et mi juillet.

Il est important de souligner le fait certaines bandes et prairies ont été fauchées, et à des dates différentes. C'est pourquoi il n'y a pas trois relevés botaniques pour tous les transects. Certain transect n'ont pu être étudié qu'une seule fois par exemple.

2.3 Echantillonnage et localisation des transects

Le choix des bandes et prairies est très important car il influence le résultat des traitements statistiques.

2.3.1 Paramètres de localisation des transects

Les bandes enherbées et prairies sur lesquelles l'étude porte (Cf. Annexe 2) ont été sélectionnées en fonction de plusieurs critères relatifs à la parcelle de culture adjacente. Cela permettra de tester plusieurs paramètres dans le but de proposer un mode de gestion optimal des bandes.

Dans un premier temps, il a été décidé que seules les parcelles de blé seraient retenues. Cela élimine ainsi le biais du type de culture dans les traitements statistiques.

Dans un second temps, la problématique relative à l'influence de la parcelle sur la bande enherbée a nécessité la sélection de parcelles labourées et d'autre en semis direct. Ainsi les deux modalités, culture « traditionnelle » et culture « raisonnée », pourront être testées pour expliquer de la biodiversité des bandes enherbées.

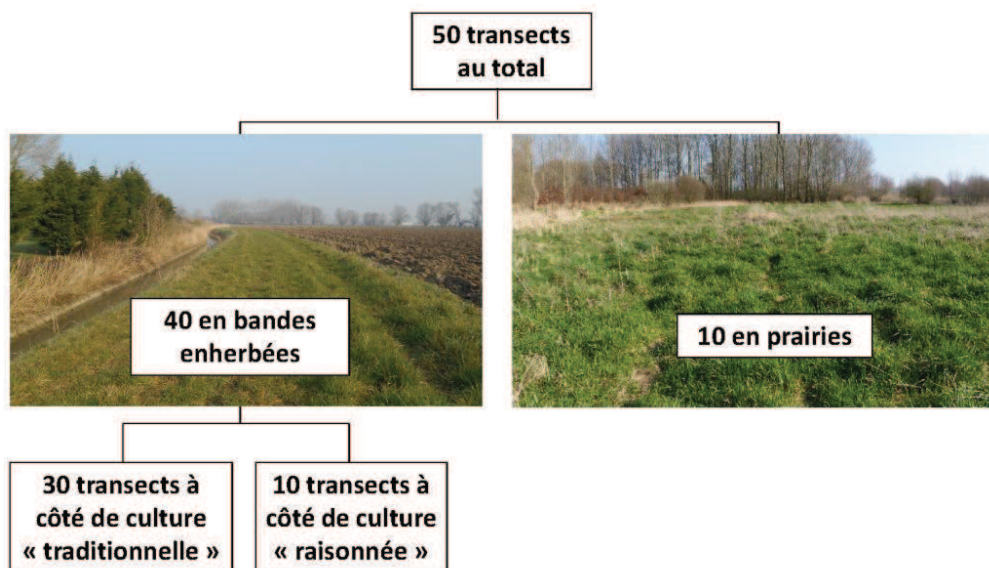


Figure 7 Echantillonnage des stations : bandes enherbées et prairies

D'autre part, il est important de sélectionner également des bandes enherbées qui seront fauchées ou non, et avec des dates de fauche différentes. La prise en compte de ce paramètre permettra ainsi de proposer une date de fauche appropriée pour préserver l'entomofaune.

2.3.1 Prise en compte des contraintes du terrain

Les bandes enherbées servent souvent de zone de manœuvre pour les engins agricoles. C'est pourquoi il a été décidé de poser les pièges au milieu de la bande pour éviter que les roues ne passent dessus. Les exploitants étant prévenus de la présence de pièges, marqués d'un jalon, peu de dégâts sont à déplorer.

Chapitre 3

Résultats des tests statistiques

Cette partie présente les résultats des différents tests statistiques sur les données de l'inventaire aux pièges Barber, de l'inventaire d'insectes volants et de l'inventaire botanique. Il a été décidé de ne pas traiter les données de l'inventaire au filet fauchoir.

3.1 Validation de la robustesse d'échantillonnage

Avant tout traitements statistiques, il est important de tester la validité de nos données, du protocole et la robustesse de l'échantillonnage. Dans le cas présent, il s'agit à la fois de tester les différents paramètres définis pour chacun des relevés et déterminer le nombre de transects suffisant pour mener cette étude.

Autrement dit, quel est le nombre de transects minimum pour obtenir 75% ou 95 % des espèces présentes sur le territoire pour chacun des trois types d'inventaires ?

3.1.1 Inventaire des pièges Barber

Pour l'inventaire des pièges Barber, deux paramètres essentiels sont à tester pour détecter leur éventuelle influence sur le nombre d'espèces capturées. Il s'agit du nombre de pièges par transects et de la période de piégeage (session).

3.1.1.1 Test des paramètres

Dans un premier temps il a fallu regrouper le nombre d'espèces trouvées dans chaque piège par transect, pour obtenir un nombre d'espèces par transect, pour chacune des 4 sessions. Cette opération doit se faire manuellement car certaines espèces sont présentes dans plusieurs pièges sur le même transect, et il ne faut pas les compter plusieurs fois.

3.1.1.1.1 Nombre de pièges

Il est important de prendre en compte les aléas du terrain qui sont intervenus durant la campagne de piégeage. Dans le cas présent, de nombreux pièges ont été bouchés ou abîmés. Il est donc important de connaître l'effet du nombre de pièges actifs sur les nombre L'objectif est de savoir si la variable numérique du nombre d'espèces a des valeurs significativement différentes selon les valeurs d'un paramètre : nombre de pièges. On teste l'hypothèse nulle.

Pour cela, une analyse de variance (Anova) doit être effectuée. Cependant, cette opération suppose que la variable numérique suit une loi normale (la moyenne dépend éventuellement de la valeur des facteurs).

Avant l'Anova, un test Shapiro est donc exécuté pour voir si la distribution de la variable « nombre d'espèces » suit une loi normale.

P-value = 1.663e-06. Cette variable ne suit pas une loi normale car p-value est inférieure à 0.01. Il faut donc effectuer un test non paramétrique de Kruskal-Wallis.

Pour cela, deux hypothèses sont émises :

H0 : les échantillons ne sont pas significativement différents.

H1 : les échantillons sont différents (hypothèse alternative).

P-value = 0.05446. Etant donné que la p-value est supérieure à 0.05, l'hypothèse alternative H1 est rejeté. Les échantillons ne sont donc pas significativement différents. Il n'y a donc pas d'effet du nombre de pièges sur le nombre d'espèces capturées, pour un indice de confiance de 5%.

3.1.1.1.2 Effet de la session

Afin de valider le protocole d'inventaire des pièges Barber, il est nécessaire de savoir si la période de capture a une influence sur le nombre d'espèces récoltées.

Les pièges ont été actifs du 26 avril au 16 juillet 2014. Pour l'étude il y a eu quatre sessions de relevés, espacées d'environ 3 semaines :

- Session A : pièges actifs du 26 avril au 12 et 13 juin (relevés le 12 et 13 mai) ;
- Session B : pièges actifs du 12 et 13 mai au 4 juin (relevés le 4 juin) ;
- Session C : pièges actifs du 4 au 25 juin (relevés le 25 juin) ;
- Session D : pièges actifs du 25 juin au 16 juillet (relevés le 16 juillet).

Le test Kruskal-Wallis est de nouveau effectué, avec les deux mêmes hypothèses (voir 3.1.1.2.1)

P-value de 2.342e-05, donc inférieure à 0.05.

Etant donné que la p-value est inférieure à 0.05, l'hypothèse H0 est rejetée et l'hypothèse alternative H1 est retenue. Les échantillons sont donc significativement différents. Il y a donc un effet de la session sur le nombre d'espèces capturées, pour un indice de confiance de 5%.

Un test post-hoc est effectué (Cf. Tableau 6) pour connaître la modalité du facteur qui se distingue des autres. Autrement dit, quelle sont la ou les sessions différentes des autres ?

Tableau 6 Résultats du test post-hoc de Kruskal-Wallis

SESSIONS	Obs.dif	Critical.dif	différence
I-II	42.41000	30.23540	TRUE
I-III	31.45000	30.23540	TRUE
I-IV	3.63625	30.54872	FALSE
II-III	10.96000	30.23540	FALSE
II-IV	46.04625	30.54872	TRUE
III-IV	35.08625	30.54872	TRUE

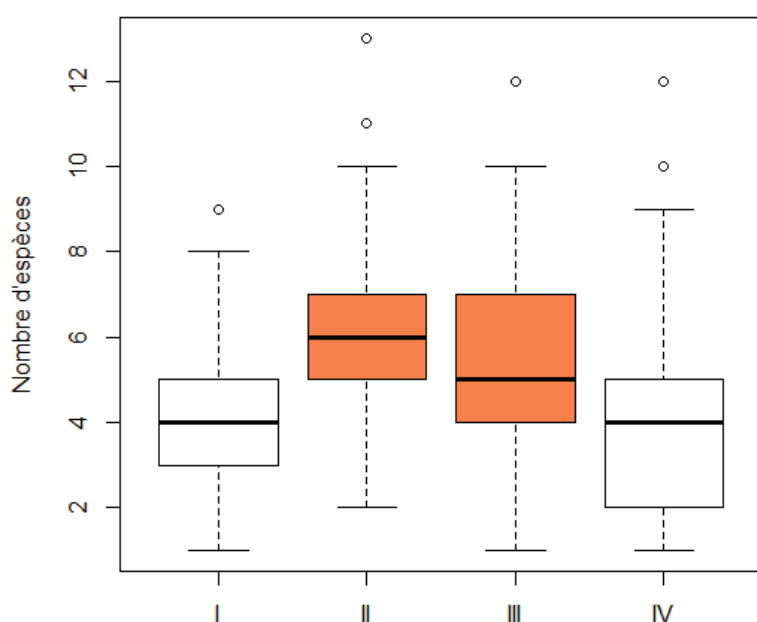


Figure 8 Distribution de la variable « nombre d'espèces » en fonction des 4 sessions de capture.

Les sessions pour lesquelles l'hypothèse de la différence est rejetée sont la première et la dernière (I et IV) et la deuxième et la troisième (II et III). Le graphique (Figure 2) montre que les deux sessions les plus productives en termes de nombre d'espèces capturées sont la deuxième et la troisième.

Il est donc plus intéressant de poser des pièges Barber de mi-mai à fin juin.

3.1.1.2 Transects minimum nécessaires pour l'inventaire Barber

Pour déterminer le nombre de transects minimum nécessaire pour poursuivre l'étude, une courbe d'accumulation va être calculée, avec l'occurrence des espèces capturées, pour tous les transects, les quatre sessions confondues. Il est important de préciser que la réunion des sessions par transect implique la suppression du nombre de pièges. C'est pourquoi les trois transects, qui perturbaient les résultats des tests des paramètres, ont été rajoutés.

La fonction « specaccum » de R permet de produire une courbe d'accumulation avec un nombre d'espèces par station. Ce nombre est déduit de manière aléatoire à la suite d'une série de permutations (ici 100 tirages).

Specaccum (X, method = "random", permutations = 100)

Avec :

- « X » le nom du tableau de données (une colonne pour chaque espèce, la première ligne en libellé) ;
- « Random », la méthode employée pour le calcul (ajoute les échantillons de manière aléatoire, sans retraitage) ;
- « Permutations », le nombre de tirage aléatoire.

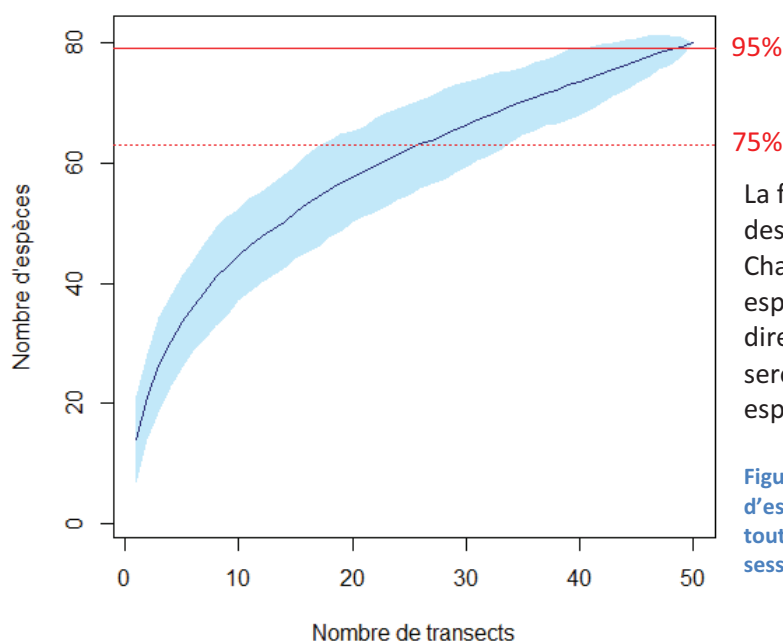
Il s'agit du nombre d'espèces inventoriées, en fonction de l'effort d'échantillonnage. En effet, chaque transect apporte un certain nombre d'espèces. Le but étant de connaître le nombre suffisant de transects pour obtenir 75% ou 95% des espèces du territoire d'étude.

Un estimateur de biodiversité est alors calculé. Il s'agit de l'indice S Chao (d'après Chao, 1984 et 2004). Cet indice [1] est basé sur le nombre d'espèces représentées par un seul individu (F_1 : « unique ») et un nombre d'espèces représentées par deux individus (F_2 : « dupliqué »), dans une série de prélèvements, ici les transects.

$$S \text{ Chao1} = S_{\text{obs}} + \frac{F_1}{2 F_2} \quad [1]$$

Avec :

- $S \text{ Chao}_1$, la richesse spécifique estimée ;
- S_{obs} , la richesse spécifique observée dans N prélèvements (N étant le nombre de prélèvements). Il est obtenu par la fonction « Specaccum » dans R ;
- F_1 , le nombre d'espèces « uniques » (n'apparaissent que dans un transect) ;
- F_2 , le nombre d'espèces « dupliquées » (apparaissent deux fois).



La figure 9 est une courbe d'accumulation des espèces, construite à l'aide du $S \text{ Chao}_1$. Si l'on veut obtenir 75% des espèces de carabes présentes, c'est-à-dire environ 63 espèces, 29 transects seront nécessaires. Pour avoir 95% de ces espèces, 49 transects seront nécessaires.

Figure 9 Courbe d'accumulation (nombre d'espèces par transects) calculée à partir de toutes les espèces capturées sur les quatre sessions réunies.

3.1.2 Inventaire au filet fauchoir

Dans un premier temps il a fallu regrouper le nombre d'espèces trouvées dans chaque passage au filet fauchoir par transect, pour obtenir un nombre d'espèces par transect, pour chacune des 3 sessions.

3.1.2.1 Effet de la session

Afin de valider le protocole d'inventaire au filet fauchoir, il est nécessaire de savoir si la date de relevé a une influence sur le nombre d'espèces récoltées.

Une session d'inventaire se déroule sur quatre jours (sauf pour la dernière) afin de couvrir toute la zone d'étude. Pour l'étude il y a eu trois sessions d'inventaire à trois périodes différentes :

- Session A : du 29 mai au 1^{er} juin
- Session B : du 14 au 17 juin
- Session C : du 1^{er} au 3 juillet

De la même manière que pour l'inventaire des pièges Barber, un test Shapiro est réalisé (**P-value = 0.03606**). Un test Anova peut donc être effectué, sur le nombre d'espèce en fonction des sessions pour mettre en avant une éventuelle différence entre les sessions.

P-value = 0.01116.

Il y a donc une différence entre les sessions en termes de nombre d'espèces observées. Un test post-hoc (Cf. Tableau 7) est nécessaire afin de déterminer la session qui diffère des autres.

Tableau 7 Résultats du test post-hoc Tukey

	P adj
B-A	0.1056896
C-A	0.0094936
C-B	0.6197817

Pour un indice de confiance de 95%, la session A est différente des deux autres. Comme le montre le graphique ci-après (Cf.

Figure 10), la distribution de la série de cette session est moins étendue que celle des deux autres sessions. Les traits noirs gras représentent les médianes de chacune des séries. 50% des transects de la session A ont fournis moins de 7 espèces.

En conclusion, pour poursuivre les inventaires au filet fauchoir, il serait plus intéressant de le faire à partir de mi-juin.

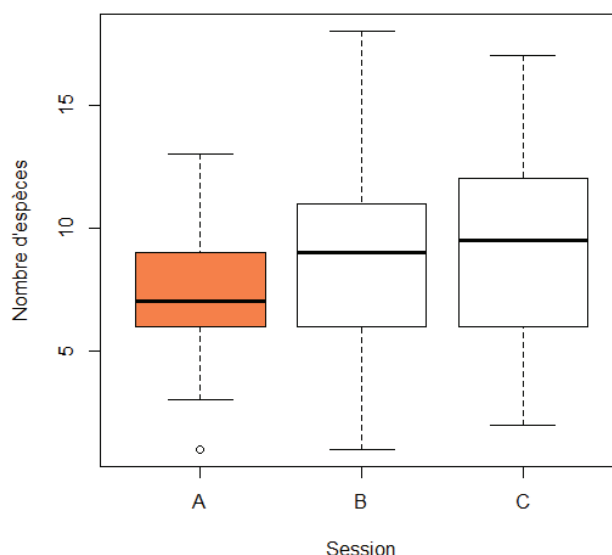


Figure 10 Distribution du nombre d'espèces en fonction de la session d'inventaire au filet fauchoir.

3.1.2.2 Combien de transects au minimum pour chacune des deux dernières sessions ?

De la même manière que pour l'inventaire des pièges barber, l'indice S Chao est calculé à partir d'une courbe d'accumulation.

Il a été décidé qu'un nombre de transects minimum serait calculé seulement pour les deux sessions les plus productives, à savoir la deuxième et la troisième (Cf. Figures 11 et 12).

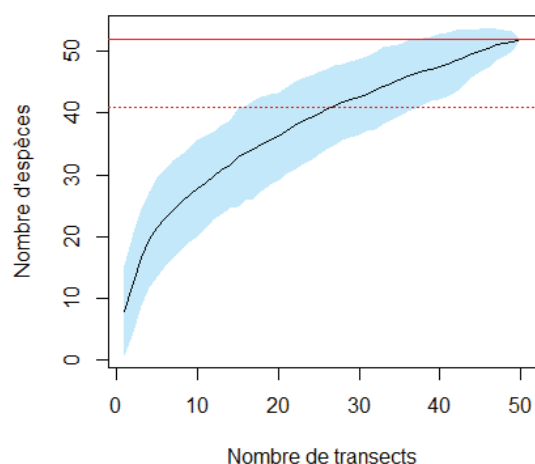


Figure 11 Courbe d'accumulation pour la session de mi-juin.

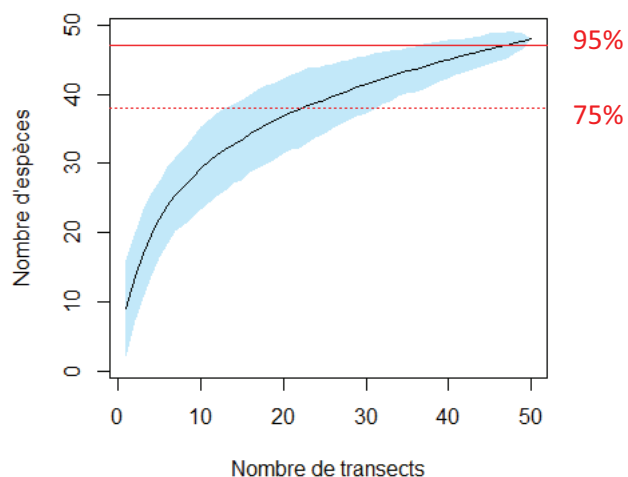


Figure 12 Courbe d'accumulation pour la session début juillet

Si les inventaires de filet fauchoir se font mi-juin, 28 transects minimum sont nécessaires afin de capturer 75% des espèces présentes sur le territoire. Si les inventaires se font début juillet, 22 transects seront nécessaires pour avoir 75% des espèces présentes sur le territoire, et environ 47 transects pour 95% des espèces. Il y a donc une différence de 6 transects minimum suivant la période d'inventaire.

3.1.3 Inventaire des insectes volants

3.1.3.1 Effet de la session

Afin de valider le protocole d'inventaire des insectes volants, il est nécessaire de savoir si la date de relevé a une influence sur le nombre d'espèces récoltées.

Une session d'inventaire se déroule sur deux après-midi (sauf les deux premières), espacée d'environ deux semaines, afin de couvrir les 4 zones du territoire d'étude. Il y a eu 8 sessions d'inventaire :

- Session A : 30 avril, 4 et 5 mai
- Session B : 15, 16 et 17 mai
- Session C : 1^{er} et 2 juin
- Session D : 12 et 13 juin
- Session E : 23 et 24 juin
- Session F : 7, 8 et 12 juillet
- Session G : 18 et 23 juillet
- Session H : 29 et 30 juillet

Le test Shapiro est réalisé : $P\text{-value} < 2.2e-16$. La variable « nombre d'espèces » ne suit donc pas une loi normale. De la même manière que pour les inventaires pièges Barber et filet fauchoir, un test de Kruskal-Wallis est effectué.

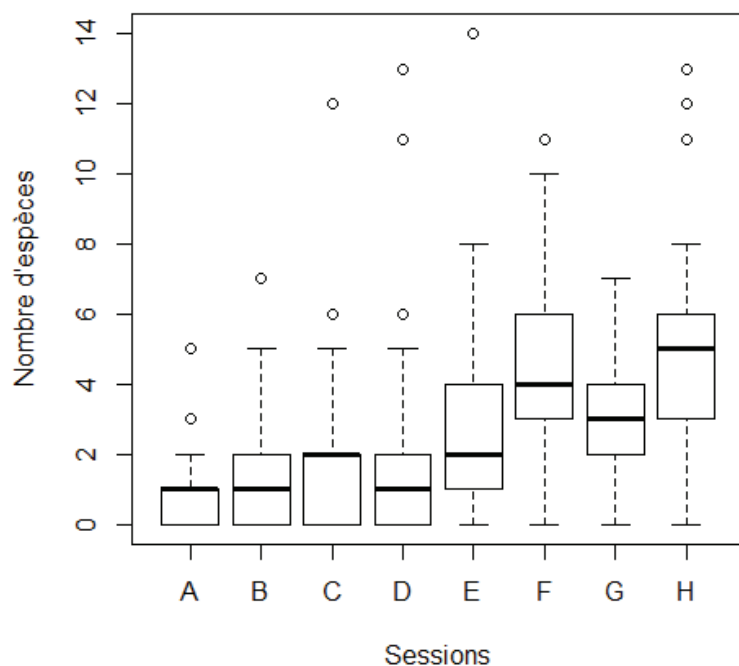
Deux hypothèses sont émises :

H0 : les échantillons ne sont pas significativement différents.

H1 : les échantillons sont différents (hypothèse alternative).

$P\text{-value} < 2.2e-16$. La p-value étant inférieur à 0.05, l'hypothèse H0 est rejetée et l'hypothèse alternative H1 est retenue. Les échantillons sont donc significativement différents. Il y a donc un effet de la session sur le nombre d'espèces capturées, pour un indice de confiance de 5%.

Le test post-hoc de Kruskal-Wallis indique que 3 sessions se distinguent du reste. Il s'agit des 3 dernières. L'hypothèse de différence est vérifiée pour chacune d'elle par rapport aux autres. Cependant, l'hypothèse de la différence est rejetée lorsqu'on les compare entre elles (Cf. Figure 13).



Ces trois sessions seraient les plus productives en termes de nombre d'espèces volantes observées.

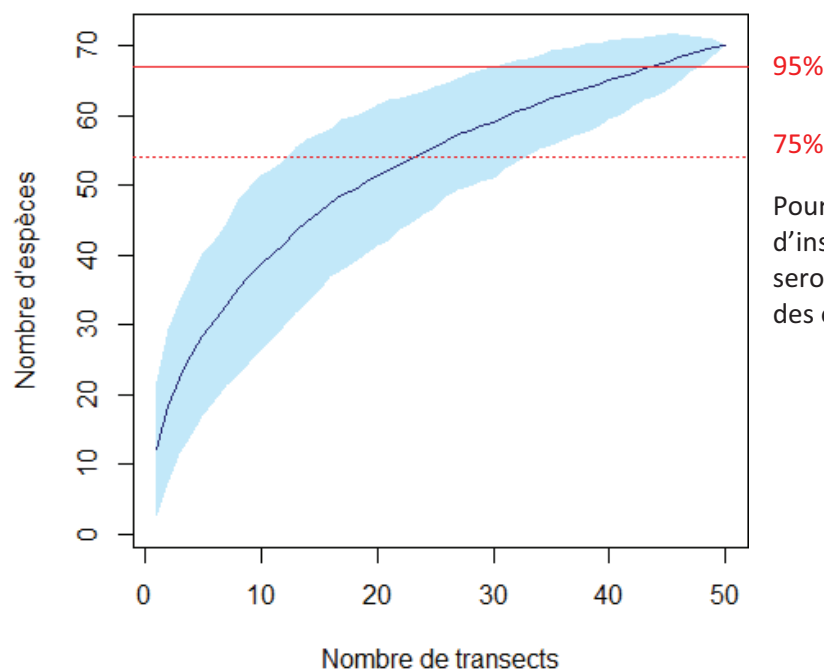
La meilleure période pour ces inventaires est donc en été, à partir de mi-juillet.

La fin de cette période optimale n'est pas connue car les inventaires se sont terminés fin juillet pour des raisons de gestion du temps.

Figure 13 Distribution de la variable "nombre d'espèces" en fonction de la session pour les inventaires volants.

3.1.3.2 Combien de transects au minimum pour les inventaires d'insectes volants ?

L'indice S Chao₁ [1] (voir méthode précédente), indique que 99% des espèces d'insectes volants estimées ont été observées. La figure 14 présente la courbe d'accumulation des espèces de toutes les sessions réunies des inventaires volants (8 sessions).



95%

75%

Pour observer 95% des espèces d'insectes volants, 44 transects seront nécessaires et 24 pour 75% des espèces.

Figure 14 Courbe d'accumulation sur toutes les sessions réunies d'inventaire d'insectes volants.

3.2 Biodiversité entomologique présente sur le territoire

Grâce aux trois types d'inventaires entomologiques (pièges barber, filet fauchoir et chasse à vue), un grand nombre d'espèces, réparties dans plusieurs groupes taxonomiques, a pu être observé (Cf. Annexe 5).

Voici un premier aperçu de cette biodiversité du territoire de Lestrem.

3.2.1 Diversité spécifique et abondance, comparaison entre les modalités : bandes enherbées et prairies

Les tableaux 8 et 9 présentent la richesse spécifique du territoire sur les groupes d'insectes ciblés. En annexe 8, le nombre d'espèces pour chaque taxons, par stations est indiqué.

Tableau 8 Nombre d'espèces par taxon ciblé des inventaires aux pièges Barber et au filet fauchoir

Groupe :	Coléoptères		Hémiptères
Famille, sous-groupe ou genre :	Carabidae (pièges Barber)	Coccinellidae (filet fauchoir)	Punaise (filet fauchoir)
Nombre d'espèces :	80	5	35

Tableau 9 Nombre d'espèces par taxon ciblé des inventaires d'insectes volants (chasse à vue)

Diptères	Hyménoptères		Lépidoptères	Odonates	
Syrphidae	Bombus	Abeilles solitaires	Rhopalocères	Libellulidae	Demoiselles
33	7	6 genres	18	2	2

Les individus *Apis* n'ont finalement pas été déterminés car ce genre a été manipulé (existence d'hybridation) par l'Homme et il est difficile de reconnaître l'espèce.

Les espèces observées sont donc des espèces communes. Mais elle restent relativement nombreuses et offre ainsi une diversité spécifique intéressante pour le territoire.

L'ampleur de l'étude a permis d'améliorer la connaissance des espèces présentes sur le territoire. En collaboration avec le Conservatoire d'Espace Régional du Nord-Pas-de-Calais, les échantillons de syrphes relevés sur les transects ont été déterminés et permet de compléter la base de données du CEN qui avait peu de données sur la zone d'étude concernée. Cette zone couvre huit communes, ce qui permet d'apporter de nouvelles données sur les espèces du territoire.

La campagne d'inventaires a ainsi mis en avant une ancienne espèce de la région, sur laquelle il y avait très d'informations jusqu'à présent : *Pipizella annulata* (Macquart, 1829).

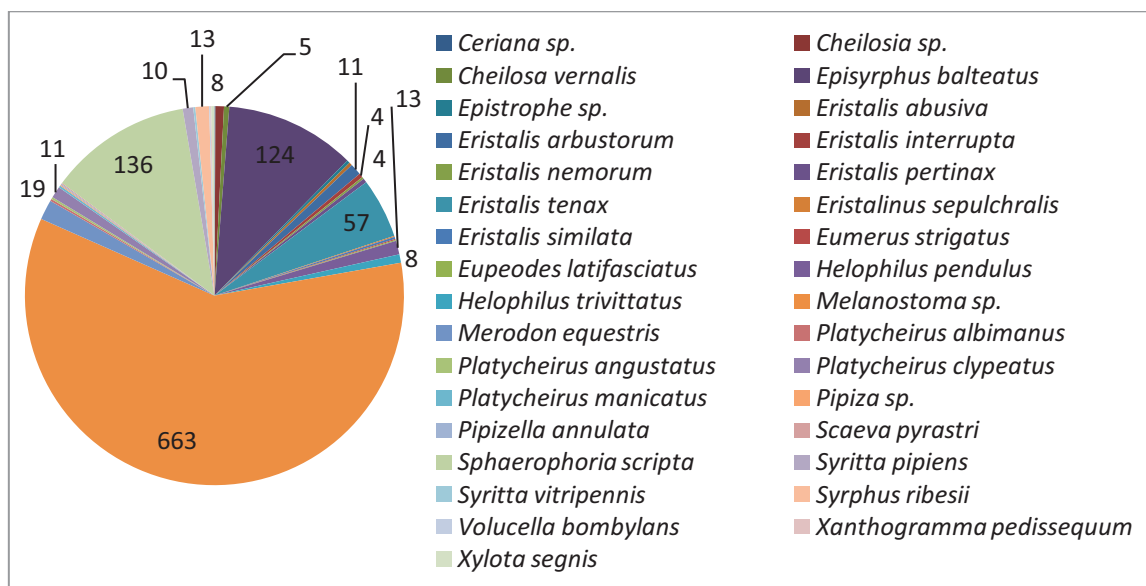
Pierre Justin Marie Macquart, un entomologiste français (1778-1855), était l'ancien maire de la commune de Lestrem ; commune sur laquelle a été capturé le syrphé.

De plus, de nombreux individus de groupes non ciblés, comme les araignées, ont été piégés. Les échantillons ont été envoyés au CEN pour détermination. Cela constitue une base de connaissance sur la classe des arachnides pour le territoire.

A pie chart illustrating the relative abundance of 25 beetle species. The chart is divided into 25 slices, each representing a different species. The largest slice is for *Ophonus pubescens* (788), followed by *Poecilus cupreus* (617) and *Pterostichus melanarius* (414). The remaining species have smaller relative abundances, with the smallest being *Trechus sp* (18). The legend lists the species names and their corresponding relative abundances.

Species	Relative Abundance
<i>Ophonus pubescens</i>	788
<i>Poecilus cupreus</i>	617
<i>Pterostichus melanarius</i>	414
<i>Nebria brevicollis</i>	164
<i>Nebria salina</i>	143
<i>Anchomenus dorsalis</i>	111
<i>Harpalus affinis</i>	91
<i>Pterostichus madidus</i>	82
<i>Badister bullatus</i>	68
<i>Harpalus latus</i>	48
<i>Badister unipustulatus</i>	41
<i>Amara similata</i>	32
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	25
<i>Trechus sp</i>	18
<i>Poecilus cupreus</i>	19
<i>Microlestes sp</i>	24
<i>Amara aena</i>	25
<i>Amara plebeja</i>	25
<i>Bembidion lampros</i>	25
<i>Pterostichus vernalis</i>	25
<i>Autre Bembidion</i>	25
<i>Loricera pilicornis</i>	25
<i>Notiophilus biguttatus</i>	25
<i>Amara communis</i>	25
<i>Ophonus ardosiacus</i>	25
<i>Pterostichus strenuus</i>	25

La figure 16 présente l'abondance (nombre d'individus) pour toutes les espèces de syrphes observées.



Quatre espèces de la famille des syrphidae se distinguent par leur abondance : les *Melanostoma* (663 individus), les *Sphaerophoria scripta* (136 individus), *Episyrphus balteatus* (124 individus), les *Eristalis tenax* (57 individus). *Episyrphus balteatus* est communément observé comme étant l'auxiliaire aphidiphage le plus présent dans les cultures (Chambers et al., 1986). Pour ce qui est des autres groupes ciblés dans les inventaires à chasse à vue, les graphiques d'abondance sont en annexe 6.

Une des hypothèses de départ est d'avoir une biodiversité entomologique plus importante en prairie qu'en bande enherbées. Le graphique (Cf. Figure 17) présente la moyenne du nombre d'espèces des taxons ciblés dans les deux types de site : bandes enherbées et prairie.

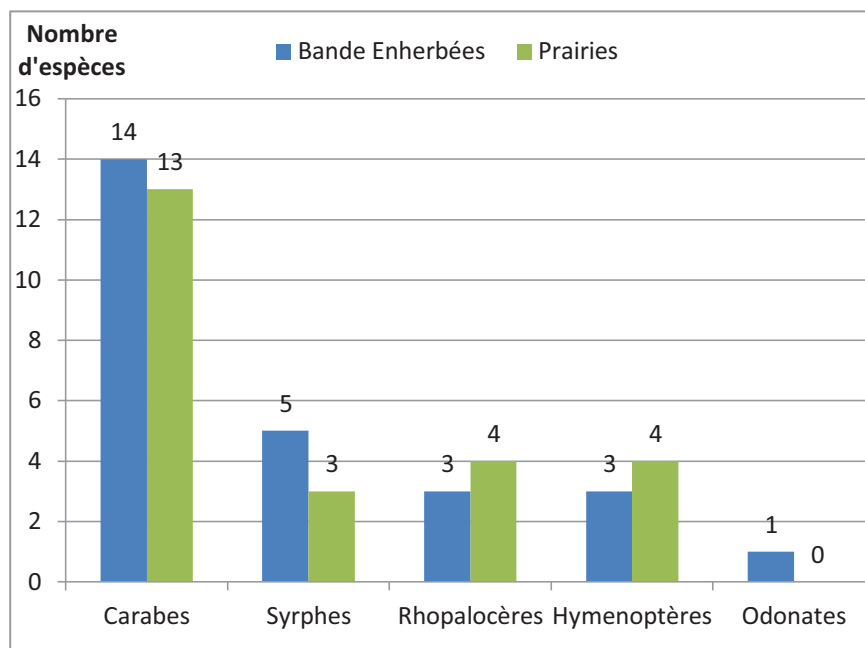


Figure 17 Nombre d'espèces des différents groupes ciblés en bande enherbée et prairie.

L'hypothèse d'une plus grande biodiversité entomologique dans les prairies n'est donc pas vérifiée pour tous les taxons. Les carabes ont en effet plus d'espèce en bande enherbée qu'en prairie.

Si la biodiversité entomologique ne vérifie pas cette hypothèse, qu'en est-il de la biodiversité végétale ? En effet, cette hypothèse se base sur l'idée que la diversité végétale favorise la diversité entomologique (R. Guilbot, 1999).

Les moyennes du nombre d'espèces végétales sur les bandes et prairies sont calculées. Il y a donc en moyenne 17 espèces sur les bandes et 18 en prairie. L'écart est donc très mince. Il est important de préciser que ces résultats dépendent des stations choisies. A l'avenir, il sera préférable de choisir des prairies fleuries plus diversifiées comme zones témoins, pour poursuivre l'étude.

3.2.2 Dimension temporelle de la biodiversité entomologique

Cette partie s'articule autour de deux questions : y a-t-il un effet de la session sur la présence des espèces de carabidae ? Quelle est la dynamique des espèces les plus présentes sur le territoire.

3.2.2.1 Effet de la session sur la présence des espèces

Un ACP est réalisé afin de mettre en évidence la répartition des espèces de carabidae en fonction de la période de capture. Pour plus de lisibilité dans l'interprétation des résultats, l'opération va se faire sur les 25 espèces les plus abondantes (où le nombre d'individus a été le plus important sur l'ensemble des relevés). La figure 18 illustre la répartition de ces espèces sur deux axes.

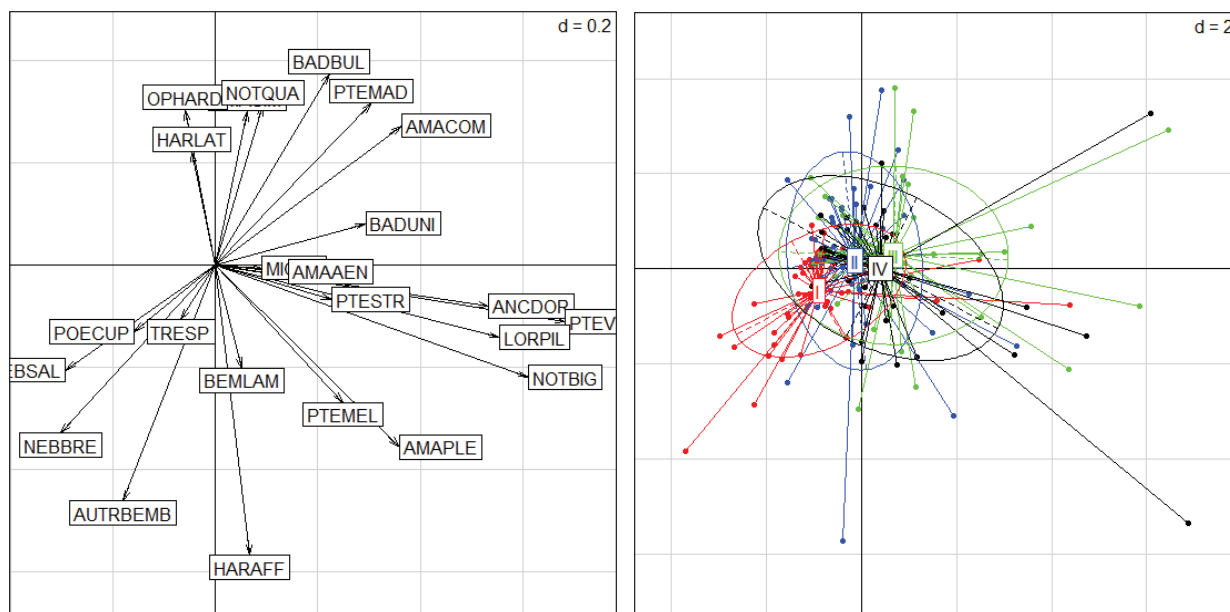


Figure 18 Analyse des Composantes Principales (ACP) : distribution des 25 espèces les plus abondantes en fonction des 4 modalités de la variable « session ».

L'effet de la session sur le nombre d'espèces capturées a été démontré précédemment (cf.3.1.1.1). Les résultats de l'ACP mettent en évidence la répartition des espèces en fonction des quatre sessions. On le voit sur la figure 18, la première session se distingue des trois autres.

Par exemple, l'espèce *Nebria brevicollis* (Latreille, 1802) ne semble être apparue que dans la première session. Autrement dit cette espèce est plus précoce que d'autres ; de même que *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758). Les trois autres sessions se distinguent plus difficilement. On y retrouve les mêmes espèces, à quelques exceptions près. Pour ce qui est des autres taxons, les résultats des ACP n'indiquent pas un effet de session significatif. Le graphique ci-après (Cf. Figure 19) illustre la dynamique temporelle des espèces sur lesquelles la variable session a un effet (cf. Annexe 11) : *Nebria brevicollis* (Latreille, 1802), *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), *Nebria salina* (Fairmaire et Laboulbène 1854), *Amara plebeja* (Gyllenhal, 1810), *Loricera pilicornis* (Fabricius 1775) et *Notiophilus biguttatus* (Fabricius 1779).

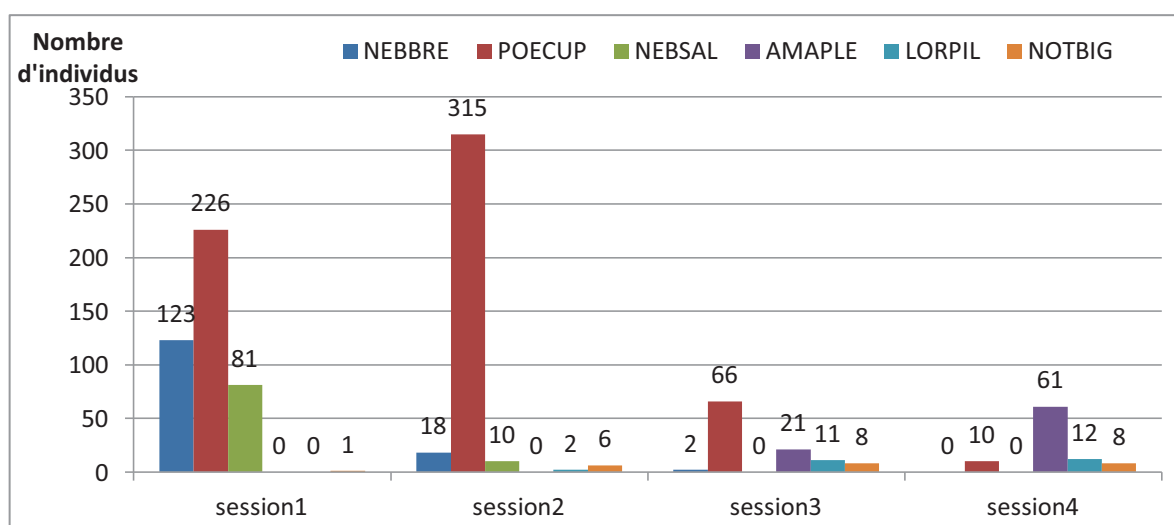


Figure 19 Dynamique temporelle des espèces de carabes révélés par le test stepAIC.

Comme cela a été vu précédemment, certaines espèces sont apparues dans les premiers relevés puis n'était plus capturées dans les derniers.

3.2.2.2 Evolution temporelle des 3 espèces les plus abondantes.

La figure 20 présente la dynamique temporelle des trois espèces les plus abondantes : *Ophonus pubescens* (Müller), *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) et *Pterostichus melanarius* (Illiger 1798).

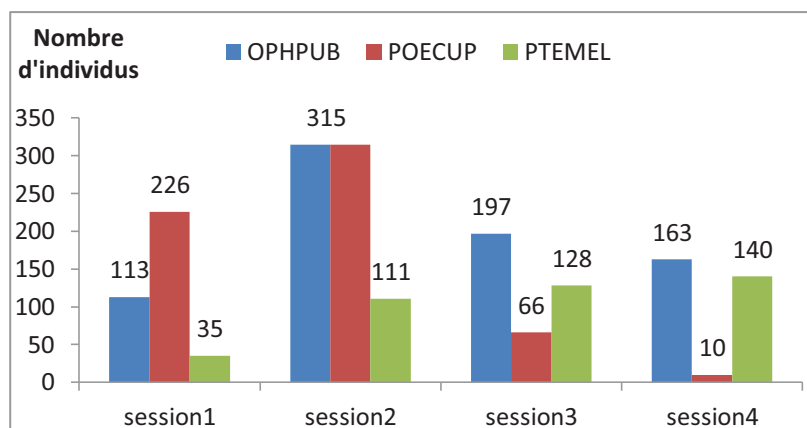


Figure 20 Dynamique temporelle des trois espèces de carabes les plus abondantes

On observe pour les deux premières espèces, un pic d'abondance à la session 2 (pièges actifs du 12 et 13 mai au 4 juin). *Pterostichus melanarius* présente une augmentation régulière du nombre d'individus tout au long de la période de capture. Dans la mesure où ces trois espèces sont des prédatrices non spécialisées (Cf. Annexe7), il n'y a pas de problème quant à la relève pour lutter contre les ravageurs.

3.3 La diversité des carabidae...

Durant toute la période d'inventaires, 80 espèces de la famille des Carabidae ont été capturées à l'aide des pièges Barber sur le territoire (Cf. Annexe 5).

Beaucoup sont des espèces dites rares, n'ayant qu'un individu. Pour plus de lisibilité dans les tests statistiques, elles ont été écartées des traitements.

Le but des traitements statistiques est de tester les différentes variables pour connaître celles qui influencent sur la présence de ces espèces.

Les différentes variables sont : la hauteur de végétation, la couverture floristique, la date de fauche des bandes et prairie, la session et le type de site et de pratique agricole.

Un test stepAIC (cf. Annexe 10) est effectué sur les 25 espèces de carabes les plus abondantes avec l'ensemble des 5 variables. Ce test permet ainsi de mettre en avant les relations fortes pour effectuer par la suite des tests GLM (Modèle Linéaire Général) et connaître ainsi la nature des relations.

3.3.1 ... en lien avec la hauteur et couverture floristique

Durant les inventaires au filet fauchoir et les inventaires d'insectes volants, la hauteur de végétation et les pourcentages de couverture floristique ont été relevés. Une moyenne a été calculée par session d'inventaire des pièges Barber pour connaître l'influence de ces deux variables sur la présence-absence des espèces capturées.

Ces deux variables n'ont aucune influence sur la présence des espèces de carabes sélectionnées.

3.3.2 ... en lien avec la fauche de la bande enherbée

La prise en compte de la variable « fauche » a posé quelques problèmes dans la mesure où certaines bandes n'ont pas été fauchées, d'autres fauchées une fois et une autre deux fois. Il a été

décidé de créer des classes : 0 correspond à une bande non fauchée ou une session avant fauche, 1 est associé à une session durant laquelle la bande ou prairie a été fauchée, 2 correspond à une session après la fauche et 3 à 2 sessions après la fauche, etc...

Les bandes ayant été fauchées une fois l'ont toutes été durant le deuxième relevé des pièges Barber. Le tableau 9 présente la variable « fauche » dans plusieurs cas.

Tableau 10 Variable « fauche » pour les différentes bandes

Bandes	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4
Bandes non fauchées	0	0	0	0
Bandes fauchées 1 fois	0	1	2	3
Bande fauchée 2 fois	0	1	2	1

De même que les deux précédentes, cette variable n'influence pas la présence des espèces de carabes sélectionnées.

3.3.3 ... en lien avec l'occupation du sol

Des pourcentages de classe d'occupation du sol ont été calculés dans un rayon de 60 mètres autour de chaque transect (Cf Méthodologie des traitements cartographies, Annexe 9). Ce rayon correspond à la capacité de dispersion des carabes.

Le but est d'analyser l'influence de chaque variable d'occupation du sol (Cf. Annexe 10) sur la présence/absence des espèces de carabes sélectionnées.

Pour cela, un test stepAIC est réalisé sur ces espèces pour chaque type d'occupation du sol (Cf. Annexe 11).

Seules les relations significatives seront interprétées ci-après, à l'aide des tests GLM.

Après ces tests, le pourcentage de déviance (DEV) expliquée est calculé [2]. Il permet de connaître l'intensité de la relation entre la variable en question et la présence de l'espèce.

$$DEV = \frac{(Dev\ NULL - Dev\ Res)}{Dev\ NULL} \times 100 \quad [2]$$

Les résultats sont présentés ci-après, sur la figure 21. Le tableau 11 associé présente les coordonnées des modalités d'occupation du sol. Sont en rouge les trois modalités expliquant le plus les axes.

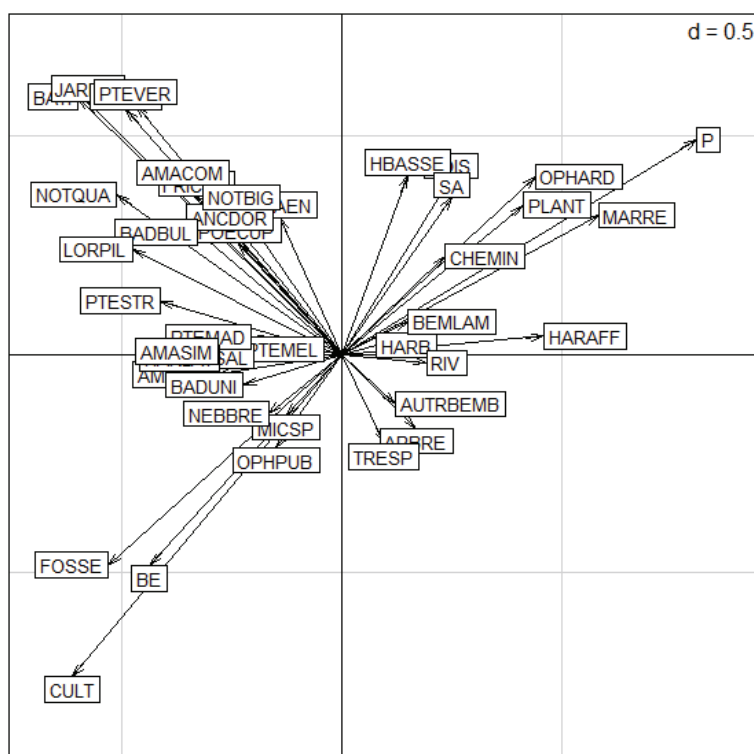


Figure 21 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 25 espèces de carabes les plus abondantes avec les modalités de la variable occupation du sol.

Tableau 11 Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces de carabes.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Arbre	0.1692	-0.1709
BE	-0.4377	-0.4847
Bâti	-0.6028	0.5889
Bois	0.2479	0.4029
Chemin	0.2347	0.2235
Culture	-0.6147	-0.7391
Fosse	-0.5323	-0.4827
Friche	-0.3309	0.3614
Haie arb.	0.0770	0.02
Haie basse	0.1489	0.4102
Jardin	-0.5793	0.5796
Marre	0.5857	0.3176
Plant.	0.4136	0.3415
Prairie	0.8088	0.4914
Riv.	0.1933	-0.0198
Route	-0.4915	0.5606
Surf. Art.	0.2501	0.3579

D'une part, la présence de l'espèce *Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792) est influencée par la variable « prairie ». Plus cette dernière est importante et moins il y a de chance d'avoir cette espèce (pourcentage de déviance expliquée = 3,6%). En effet, la modalité « prairie » se situe à l'opposé de l'espèce *Nebria brevicollis* sur la figure 21. Une autre variable explique la présence/absence de cette espèce. Il s'agit des cultures. Un test GLM est réalisé et indique une relation positive entre ces deux variables. Autrement dit, *Nebria brevicollis* est une espèce liée aux cultures. En effet, elle se nourrit de pucerons, très présents dans les cultures et aux abords, ce qui explique sa présence dans ce type d'habitat.

Si la variable « culture » est favorable à la présence de cette espèce, elle ne l'est pas pour *Ophonus ardosius* (Lutshnik 1922). En effet, le test GLM révèle que plus la culture est présente et moins il y a de chance d'avoir des individus de cette espèce. Cette variable explique à 20.49% l'absence d'*Ophonus ardosius*.

Le test stepAIC mais en avant une variable d'occupation du sol qui influence la présence de plusieurs espèces. Il s'agit de la « surface artificialisée ». Les tests GLM indiquent que cette dernière ne serait pas favorable à la présence des espèces suivantes : *Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792) à 3.60%, *Amara aenea* (De Geer, 1776) à 0.04%, *Harpalus affinis* (Fabricius 1775) à 0.02% et *Pterostichus strenuus* (Panzer 1797) à 11.06%. C'est cette dernière espèce qui serait la plus sensible à la présence de surface artificialisée. Les autres espèces présentent un pourcentage de déviance expliqué trop faible pour que la présence de cette variable détermine significativement leur absence.

Certains résultats sont à interpréter avec prudence dans la mesure où la présence d'une espèce sur une station avec une classe d'occupation du sol très présente ne peut être qu'une coïncidence. C'est le cas, par exemple, pour l'espèce *Loricera pilicornis* (Fabricius 1775) dont la présence est fortement influencée par la variable « jardin ». Cette variable favoriserait la présence de cette espèce avec un pourcentage de déviance expliqué de 13.16%.

Par ailleurs, contrairement à ce qui a été démontré dans des études précédentes (cf. état de l'art), la présence de haie (haie arboricole ou haie basse) ne favorise pas significativement les espèces de carabes. Ce la ne traduit pas non plus un effet « repoussoir ». Beaucoup de ces espèces préfèrent peut-être un milieu plus ouvert, avec tout de même un couvert végétal pour refuge et pour la nourriture.

3.3.4 ... en lien avec le type de site et de pratique agricole

Le type de site et la pratique agricole sont réunis dans une seule variable à trois modalités :
 CR : bandes enherbées à côté de culture raisonnée (non labourée)
 CT : bandes enherbées à côté de culture traditionnelle (labourée)
 P : prairies

L'effet de cette variable sur le nombre d'espèces de carabes est testé.

Dans un premier temps, un test de shapiro indique que la variable « nombre d'espèces » suit une loi normale (P-value=0.3706).

Pour connaître l'influence du type de site et de la pratique agricole sur le nombre d'espèces capturées, une analyse de la variance (ANOVA) est effectuée.

P-value = 0.03632. Etant donné que la p-value est inférieure à 0.05, la variable « type de site » a un effet sur le nombre d'espèces de carabes capturés.

Un test post-hoc (test de TukeyHSD) est réalisé (Cf. Tableau 12).

Tableau 12 Résultats du test post-hoc Anova

	P adj
CT – CR	0.0548514
P - CR	0.0509428
P - CT	0.8343712

Pour un indice de confiance de 95%, c'est la modalité « CR » (bande enherbée au bord de culture raisonnée) qui se démarque.

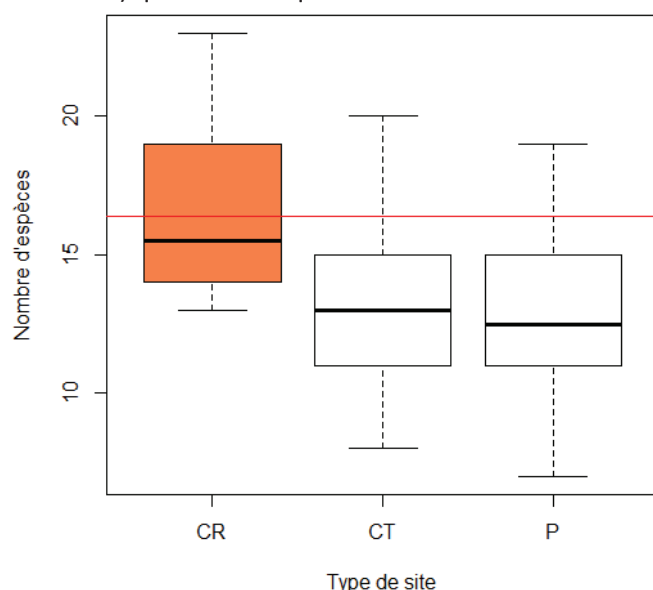


Figure 22 Distribution de la variable "nombre d'espèces" des carabes, en fonction du type de site

La figure 22 illustre la distribution de la variable « nombre d'espèces » en fonction des trois modalités du type de site.

Les bandes enherbées situées le long de culture non labourée (culture raisonnée) présentent un nombre d'espèces de carabes plus important que pour les deux autres modalités. La moyenne du nombre d'espèces capturées est de 16 espèces (ligne rouge sur le graphique), en culture raisonnée. Elle est nettement supérieure aux moyennes des deux autres modalités : 14 espèces capturées pour les transects en culture traditionnelle et 13 pour les transects en prairie.

Si la culture sans labour présente plus de diversité, il serait intéressant de se pencher sur les effets du labour sur les populations de carabes. Une moyenne du nombre d'individus capturés est calculée pour

chaque modalité.

Là encore, l'écart entre les transects des bandes enherbées au bord de culture raisonnée par rapport au deux autres modalités est significatif. Il y a en moyenne 79 individus capturés dans les transects en culture non labourée contre 59 en culture labourée et 49 en prairie.

Ainsi, le labour pourrait défavoriser certaines de carabes en détruisant les larves qui vivent dans le sol, dans la parcelle, avant de sortir de terre. Il est cependant difficile de se prononcer sur des données d'une seule année car des facteurs non connus peuvent impacter les résultats.

Il serait intéressant de poursuivre l'étude sur plusieurs années afin de confirmer ces conclusions.

3.4 La diversité des insectes volants...

Plusieurs taxons entomologiques ont été ciblés durant les inventaires de chasse à vue : les syrphes (groupe des diptères), les individus de la famille apoïdae (groupe des hyménoptères), les rhopalocères et les odonates. Il a été décidé de traiter ces groupes séparément pour faciliter la lisibilité des tests statistiques. Le test stepAIC (Cf. Annexe 11) met en avant les variables qui influencent le plus la présence-absence des espèces d'insectes volants.

3.4.1 ... en lien avec la hauteur et couverture floristique

Les variables de hauteur de végétation et de couverture floristique ont plus d'impact sur l'entomofaune volante que sur les carabes. Cela a été remarqué sur le terrain.

Ainsi, les hauteurs de végétation ont un effet sur les espèces volantes suivantes : *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Merodon equestris* (Fabricius, 1794), *Helophilus pendulus* (Linnaeus, 1758), *Cheilosia vernalis* (Fallén, 1817), *Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758), *Pyronia tithonus* (Linnaeus, 1771) et *Sympetrum sanguineum* (Müller, 1764).

La couverture floristique a un effet sur les espèces suivantes volantes : *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758), *Helophilus pendulus* (Fabricius, 1805), *Syrphus ribesii* (Linnaeus, 1758), *Eristalis arbustorum* (Linnaeus, 1758), les abeilles (genre *Apis* sp.), *Vespula germanica* (Fabricius, 1793), *Bombus lapidarius* (Linnaeus, 1758), *Bombus pascuorum* (Scopoli, 1763), *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) et *Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758).

Pour connaître la nature de la corrélation entre la présence-absence de chacune de ces espèces avec ces deux variables, un test GLM (Modèle Linéaire Général) est nécessaire.

Les espèces de syrphidae, d'hyménoptères et de rhopalocères ont une relation positive avec la hauteur de végétation et le couvert floristique, c'est-à-dire que ces deux variables favorisent leur présence. Plus la végétation est haute et plus le couvert floristique est important, plus il y a de chance d'avoir des individus de ces espèces.

Après les tests de GLM, le pourcentage de déviance (DEV) expliquée est calculé. Il permet de connaître l'intensité de la relation entre la variable en question et la présence de l'espèce.

La variable de hauteur de végétation favorise la présence de *Cheilosia vernalis* à 45,34%. Il s'agit du plus important pourcentage de déviance. Cette variable explique la présence d'*Episyrphus balteatus* à 9,15%, de *Maniola jurtina* à 11,18% et de *Pyronia tithonus* à 5,16%. Pour ce qui est des autres taxons, elle a un effet moins significatif sur leur présence. Concernant les odonates, seul le *Sympetrum sanguineum* a sa présence expliquée par la hauteur de végétation.

La variable de couverture floristique favorise la présence de *Cheilosia vernalis* à 67,35%, d'*Eristalis arbustorum* à 49,55%, de *Syrphus ribesii* à 29,77%, *Syrphus pipiens* à 25,64%, les abeilles (genre *Apis* sp.) à 8,82% et *Aglaia urticae* à 10,08%.

Cette variable joue un rôle très important dans la présence des espèces d'insectes volants.

3.4.2 ... en lien avec les paramètres météorologiques

Contrairement aux inventaires aux pièges Barber, qui se réalisent sur une période, les inventaires d'insectes volants sont effectués à un instant t. C'est pourquoi des paramètres météorologiques peuvent être testés : la température, le couvert nuageux et le vent (Cf. 2.2.3.3). De la même manière que pour les variables de végétation (Cf 3.4.1), des GLM sont réalisées sur les espèces dont la présence est influencée par les paramètres météorologiques.

Les nuages aurait une influence sur la présence des *Melanostoma* sp., des *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758), des *Merodon equestris* (Fabricius, 1794), des *Lasioglossum* sp., des *Sympetrum sanguineum* (Müller, 1764) et des *Chalcolestes viridis* (Vander Linden, 1825). Les espèces du groupe des rhopalocères n'ont pas leur présence expliquée par la couverture nuageuse.

Le paramètre « vent » est également testé. Il influence fortement la présence de *Platycheirus clypeatus* (Meigen, 1822) et celle d'*Aglais urticae* (Linnaeus, 1758). Le vent ne favorise pas leur présence. Plus il y a de vent et moins il y a de chance de voir ces espèces.

Pour les espèces du groupe des rhopalocères et des odonates, le vent n'a aucune influence sur leur présence. Il en est de même pour le groupe des hyménoptères, notamment pour les bourdons (genre *Bombus*). En effet, les individus de ce genre sont beaucoup tolérants aux aléas météorologiques (pluie, vent) que les syrphes car leur taille le leur permet.

La température est également testée. Mais les résultats n'étant pas pertinents, ils ne seront pas interprétés. Contrairement à ce qui avait été prédit, les paramètres météorologiques n'ont donc que peu d'influence sur les espèces d'insectes volants.

3.4.3 ... en lien avec la fauche de la bande enherbée

La variable « fauche » a été testée. Comme pour les carabes, elle ne ressort pas comme une variable ayant une influence sur la présence des espèces d'insectes volants. Ainsi le nombre de jours après fauche n'explique pas la présence de ces espèces.

3.4.4 ... en lien avec l'occupation du sol

La présence/absence de chacune des 15 espèces de syrphes, des 16 espèces Apoidae et des 16 espèces de rhopalocères sélectionnées a été testée en fonction des variables d'occupation du sol. Les odonates n'ont pas été testées dans la mesure où il s'agit d'espèces avec une très faible d'abondance.

Des tests GLM ont été réalisés. Seules les fortes relations sont interprétées. Les résultats présentés ci-après sont illustrés par la figure 23. Le tableau 13 associé présente les coordonnées des modalités d'occupation du sol sur la figure 23. Sont en vert les trois modalités expliquant le plus les axes, ici l'axe 2.

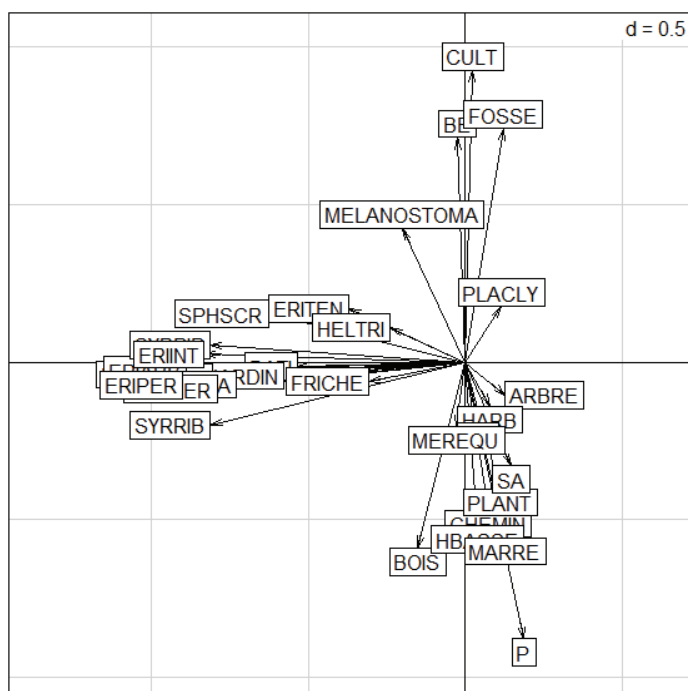


Figure 23 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 15 espèces de syrphes les plus abondantes avec les modalités de la variable occupation du sol.

Tableau 13 Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces de syrphes.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Arbre	0.1264	-0.1041
BE	-0.0262	0.7117
Bâti	-0.5342	-0.0147
Bois	-0.1516	-0.5897
Chemin	0.0732	-0.4685
Culture	0.0223	0.9245
Fosse	0.1214	0.7402
Friche	-0.3066	-0.0625
Haie arb.	0.0788	-0.1393
Haie basse	0.0385	-0.5193
Jardin	-0.5777	-0.044
Marre	0.1255	-0.5564
Plant.	0.1115	-0.402
Prairie	0.1860	-0.8766
Riv.	0.0382	-0.1944
Route	-0.8544	-0.0442
Surf. Art.	0.1436	-0.3286

De la même manière que pour les carabes, la variable surface artificialisée n'est pas favorable à la présence des espèces d'insectes volants, notamment celle des syrphes. Ainsi, elle explique l'absence d'*Episyrphus balteatus* à 2.12%, d'*Eristalis tenax* à 0.25%, de *Platycheirus clypeatus* à 0.5 % et d'*Helophilus pendulus* à 9%. Cette dernière est la plus sensible à l'abondance de la surface artificialisée.

La seule forte relation avec la variable « culture » est avec l'espèce *Syrirta pipiens*. La culture ne favorise pas la présence de cette espèce (pourcentage de déviance expliquée = 4.21%). En revanche, *Syrirta pipiens* est favorisée par la variable « jardin » (pourcentage de déviance expliquée = 8.52%). Les jardins représentent des habitats avec une plus grande diversité de plantes floristiques que les cultures. Ces résultats montrent ainsi que certaines espèces de syrphes sont attirées par la diversité floristique.

Les prairies sont très favorables aux espèces du groupe des rhopalocères. Cette variable explique la présence de *Papilio Machaon* (Linnaeus, 1758) et de *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) à 13.25%. Ces résultats montrent que les prairies seraient plus favorables à la présence des papillons. Cependant les bandes enherbées peuvent également abriter certaines espèces comme *Ochlodes sylvanus* (Esper, 1777) ou *Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1808). Ces deux espèces ont leur présence expliquée par la variable « culture » respectivement à 3.52% et 4.77%. Ces résultats sont pertinents dans la mesure où les plantes hôtes de ces deux espèces sont essentiellement des graminées (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*). Ces plantes étant très présentes sur les bords de culture.

Pour ce qui est des Apoides, aucune des variables de l'occupation du sol n'explique significativement leur présence sur telle station.

L'occupation du sol environnant les stations n'est pas une variable très déterminante dans la présence des espèces d'insectes volants. D'autres facteurs entrent en compte, c'est le cas du couvert floristique, qui joue un rôle plus important.

D'autres ACP ont été réalisées pour deux autres taxons d'insectes volants (Cf. Annexe 12) : les hyménoptères et les rhopalocères. Pour les hyménoptères (butineurs) il semblerait que la modalité

« jardin » soit associée à plusieurs espèces comme *Vespula germanica* (Fabricius, 1793), les espèces du genre *Bombus*, et quelques espèces d'abeilles sauvages.

3.4.5 ... en lien avec le type de site et de pratique agricole

Le type de site et la pratique agricole sont réunis dans une seule variable à trois modalités :

CR : bande enherbée à côté de culture raisonnée (non labourée)

CT : bande enherbée à côté de culture traditionnelle (labourée)

P : prairie

L'effet de cette variable sur le nombre d'espèces d'insectes volants est testé.

Dans un premier temps, un test de Shapiro est effectué :

P-value < 2.2e-16. Cette variable ne suit pas une loi normale car p-value est inférieure à 0.01. Il faut donc effectuer un test non paramétrique de Kruskal-Wallis.

Pour cela, deux hypothèses sont émises :

H0 : les échantillons ne sont pas significativement différents.

H1 : les échantillons sont différents (hypothèse alternative).

P-value = 0.1713. L'hypothèse H1 est rejetée. Il n'y a donc pas de différence significative entre les trois modalités au niveau du nombre d'espèces.

Parmi les paramètres testés, c'est la hauteur de végétation et le couvert floristique qui impacte le plus sur la présence-absence des insectes volants. En effet, la plupart étant des butineurs, la présence de fleurs est indispensable. Le lien entre les espèces entomologiques et les espèces végétales sera étudié dans le chapitre suivant.

3.5 La diversité végétale

Trois inventaires botaniques ont été effectués durant l'étude (Cf. Annexe 3).

94 espèces végétales ont été recensées sur l'ensemble des transects lors des trois inventaires (Cf. Annexe 13). Chaque espèce végétale fait partie d'un groupement phytosociologique. La phytosociologie correspond à l'étude des associations végétales. Pour faciliter les traitements statistiques, il a été décidé de raisonner avec les groupes phytosociologiques. Cela réduit à 19 groupements différents (cf. tableau 14). Le recouvrement des groupes pour chaque station (bandes enherbées ou prairies) est indiqué sur les cartes en annexe 15.

Tableau 14 Description des groupes phytosociologiques présents dans la zone d'étude.

Codes phytosociologiques	Biotope (description des milieux)
(02/2)	Annuelles pionnières des tonsures subnitrophiles maritimes
(02/8)	Pelouses aérohalines des falaises maritimes méditerranéennes
(04/6)	Friches annuelles hygrophiles à hydrophiles, eutrophiles, pionnières, eurasiatiques
(05/2)	Mégaphorbiaies hygrophiles, planitiales-collinéennes a montagnardes
(05/3)	Roselières et grandes cariçaies eurasiatiques, amphibies a hydrophiles
(06/1)	Hémicryptophytaies des tourbières holarctiques
(08/4)	Tonsures annuelles basophiles, européennes
(09/1)	Pelouses basophiles médioeuropéennes
(09/2)	Ourlets basophiles médioeuropéens
(09/3)	Pelouses basophiles méditerranéennes
(12/1)	Prairies européennes secondaires
(13/1)	Friches vivaces xérophiles européennes
(13/2)	Friches et lisières vivaces médioeuropéennes, eutrophiles, mésohydriques a mésohygrophiles
(13/3)	Annuelles commensales des cultures
(13/4)	Friches annuelles européennes
(13/5)	Ourlets thérophytiques vernaux, nitrophiles, thermophiles
(13/6)	Annuelles pionnières nitrophiles des clairières et lisières européennes, psychrophiles
(13/7)	Tonsures annuelles des lieux surpiétinés eutrophiles
(13/8)	Mégaphorbiaies de clairières médioeuropéennes, mésohydriques

Il est important de préciser que certaines bandes et prairies ayant été fauchées, toutes n'ont pas pu être inventoriées à chaque fois. C'est le cas pour la bande BE 6 qui ne l'a été qu'une seule fois. Cette bande a d'ailleurs été écartée des tests statistiques pour ne pas fausser les résultats.

Dans un premier temps, la distribution des espèces végétales et celle des groupements phytosociologiques sont observées par rapport au type de site (bande enherbée en culture labourée ou non labourée et prairies). Une ACP est réalisée (Cf. Figure 24).

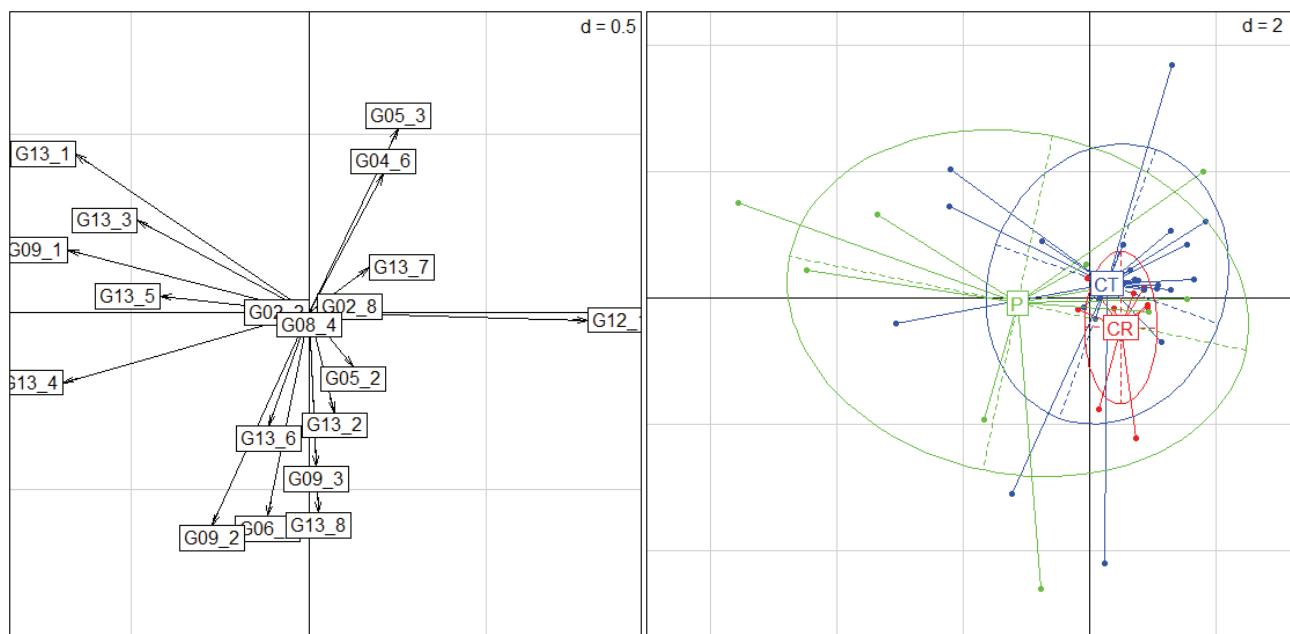


Figure 24 Analyse des Composantes Principales (ACP), Distribution des groupes phytosociologiques en fonction des 3 modalités des types de sites.

Un groupe se distingue alors : G13_1, G13_3, G13_4, G13_5 et G09_1. Ils sont fortement corrélés avec la modalité « prairie ». Ces groupes sont donc plus présents en prairie qu'en bandes enherbées. D'autre part, on remarque que les modalités « culture raisonnée » et « culture traditionnelle » ne se distinguent pas l'une de l'autre. Il y a donc un effet de site sur la présence et l'abondance des groupes phytosociologique, mais il reste peu significatif.

Tableau 15 Coordonnées des groupements phytosociologiques.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
G02_2	0	0
G02_8	0.0217	1.643725e-02
G04_6	0.2092	3.892107e-01
G05_2	0.1253	-1.521667e-01
G05_3	0.2498	5.177659e-01
G06_1	-0.1171	-5.750397e-01
G08_4	0	-3.071132e-16
G09_1	-0.6792	1.752774e-01
G09_2	-0.2727	-6.003068e-01
G09_3	0.0212	-4.343038e-01
G12_1	0.7856	-2.210962e-02
G13_1	-0.6578	4.446274e-01
G13_2	0.0709	-2.824795e-01
G13_3	-0.4843	2.586938e-01
G13_4	-0.6937	-1.975960e-01
G13_5	-0.4194	4.552285e-02
G13_6	-0.1137	-3.199562e-01
G13_7	0.1703	1.255993e-01
G13_8	0.0273	-5.648370e-01

Le tableau 15 présent les coordonnées des groupes phytosociologiques. Les groupes G13_1, G13_4, G09_1 et G12_1 explique l'axe 1. Ce dernier correspond à un gradient d'entretien du milieu par l'homme. Les trois premiers groupes correspondent à des friches et donc à des milieux peu entretenu. Il s'agirait donc de milieux stables.

L'axe 2 est défini en partie par les groupements G05_3 et 09_2 qui constituent un gradient d'humidité du milieu.

Il est relativement difficile d'interpréter les résultats de cette ACP pour répondre à la question finale : quelles espèces végétales favorisent les insectes auxiliaires de culture des taxons ciblés (carabes, apoidae, syrphidae...).

Il sera donc nécessaire de limiter le nombre d'espèces végétales pour faciliter les tests.

Les photos 9 et 10 présentent la différence entre deux bandes enherbées en termes de diversité végétale.



Photo 8 et 9 Diversité végétale : différence entre deux bandes enherbées (BE10 à gauche et BE11 à droite) Virginie Artus, 2014.

La bande BE10 est composée de nombreuses espèces, la plupart étant floricoles. La bande BE11 présente une espèce de graminée dominante : *Poa trivialis*, qui recouvre à 80 % la surface.

Malgré l'écart entre les bandes, il a été décidé de sélectionner uniquement les espèces végétales des groupes phytosociologiques les plus présents sur l'ensemble des transects de la zone d'étude. La figure 25 présente la distribution des 50 transects sur les deux mêmes axes de la figure 24.

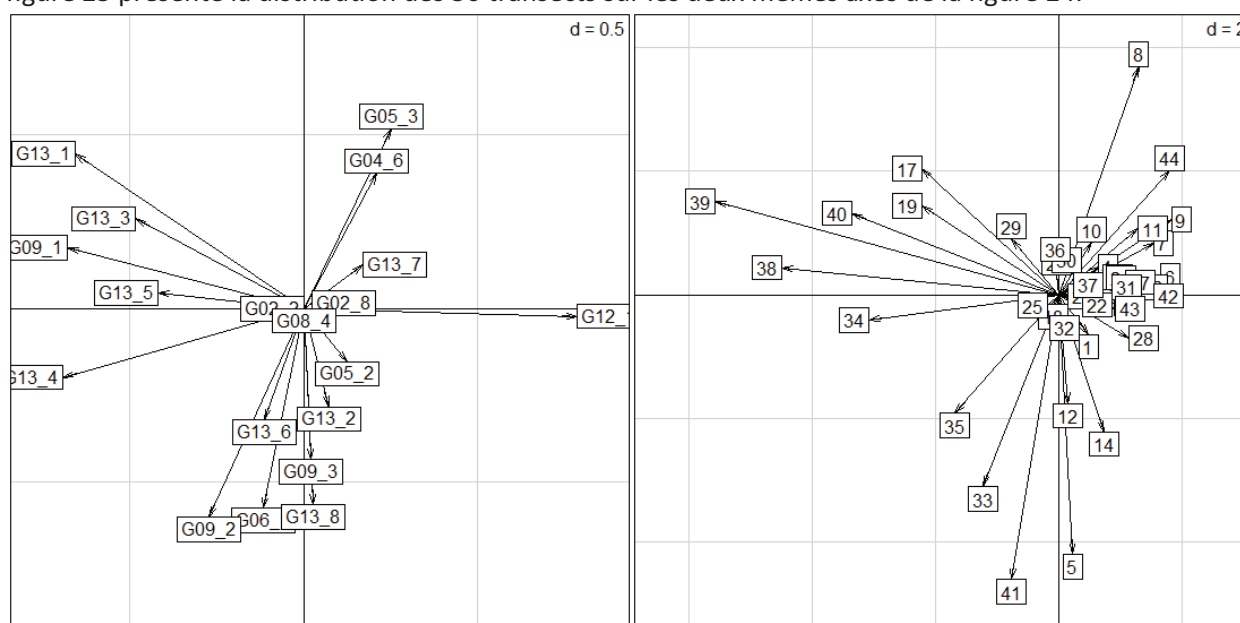


Figure 25 Analyse des Composantes Principales (ACP), distribution des stations en fonction des groupes phytosociologiques

Quelques transects se distinguent du groupe principal : les stations 34, 38, 39 et 40, qui correspondent à des transects en prairies. La plupart des transects étant associé au groupe phytosociologique G12_1, il a été décidé de retenir les espèces végétales de ce groupe pour la discussion relative à l'association des insectes et des plantes qui leur sont favorables.

Chapitre 4

Discussions, limites de la méthode et perspectives

Cette partie a pour but de répondre aux questions de la problématique relatives à la réflexion sur la mutation des pratiques agricoles.

Les pratiques agricoles sur les parcelles bordées par les bandes enherbées ont-elles une influence sur les populations et la diversité des insectes ?

Quels sont les moyens à mettre en œuvre par les agriculteurs, pour augmenter la population et la diversité de ces espèces (réduction des intrants chimiques pour traitement des cultures, gestion et entretien des bandes enherbées, semis des bandes...) ?

4.1 Quelle composition végétale pour quel groupe d'insectes ?

Dans une étude précédente, Pauline Defives a effectué des inventaires à l'aide de pièges Barber sur trois bandes enherbées, présentant trois types de végétations : ray-grass anglais (*Lolium perenne*, L. 1753), Dactyle-fétuque (*Dactylis glomerata*, L. 1753 et *Festuca arundinacea*, Schreb.) qui sont des graminées (Cf. Photos 9, 10 et 11) et prairie fleurie (mélange de plantes floricoles).

Le but de cette étude étant de connaître la meilleure composition végétale des bandes enherbées pour attirer les insectes. La conclusion s'est révélée intéressante. En effet, tous les insectes ciblés n'ont pas le même régime alimentaire et le même mode de vie. Ainsi chaque type de végétation convient à un ou plusieurs groupes d'insectes.

4.1.1. Bandes fleuries : pollinisateurs et autres volants

Les résultats d'une étude (P. COLIGNON et al., 2004) ont montré que l'introduction de trois espèces de plantes messicoles dans les bandes avec un mélange fourrager plus traditionnel attire des individus de différents groupes d'auxiliaires : insectes pollinisateurs tels que les hyménoptères (abeilles, bourdons et guêpes), les syrphes aphidiphages (prédateurs de pucerons). Le mélange optimal serait donc composé de chrysanthème des moissons, de bleuet et de coquelicot en plus de la base fourragère traditionnelle.

Une ACP est réalisée sur les syrphes et les groupes phytosociologiques afin d'identifier des associations d'espèces. La figure 26 illustre la répartition des 15 espèces de syrphes les plus abondantes avec les groupes phytosociologiques. Toutes les espèces de syrphes, hormis *Meredon equestris*, *Platycheirus clypeatus* et *Melanostoma sp.*, sont assemblées.

Aucune n'est associée à un groupe végétal. Pourtant il a été démontré que la couverture floristique a une forte influence sur les espèces de syrphes (cf. 3.4.1). Comment expliquer le fait qu'aucun groupe n'est associé à un des syrphes ? Les syrphes en question sont des espèces très communes. Aucun ne semble spécialisé dans une espèce végétale en particulier. Les syrphes se contentent de n'importe quelle fleur.

Dans la mesure où l'ACP (Cf. Figure 26) a été réalisé avec des groupes phytosociologiques, les résultats peuvent sembler imprécis. Il serait intéressant de tester associations d'espèces avec les espèces végétales.

Une autre ACP est donc effectuée avec les espèces végétales du groupe phytosociologique le plus abondant sur toutes les stations : le groupe 12_1 (Cf. Figure 27).

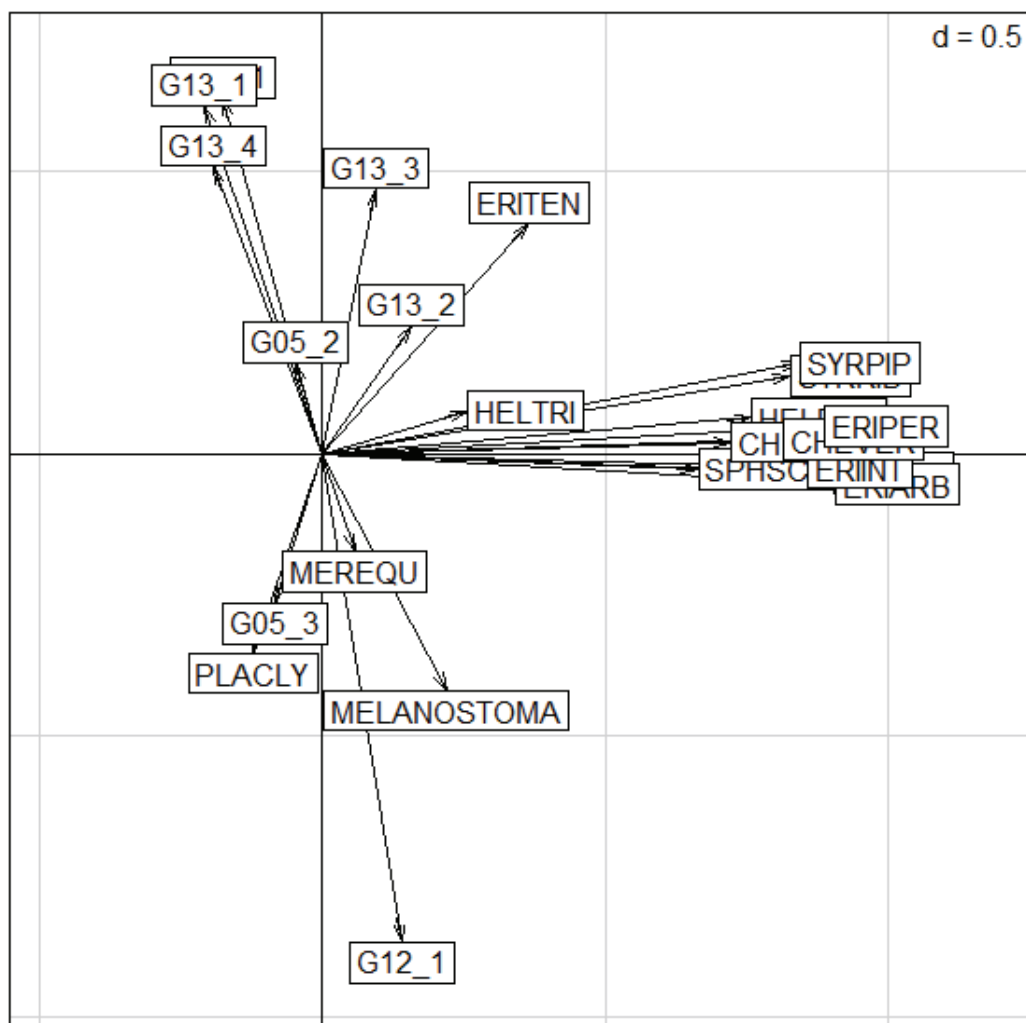


Figure 26 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des groupements phytosociologiques et des 15 espèces de syrphes sélectionnées.

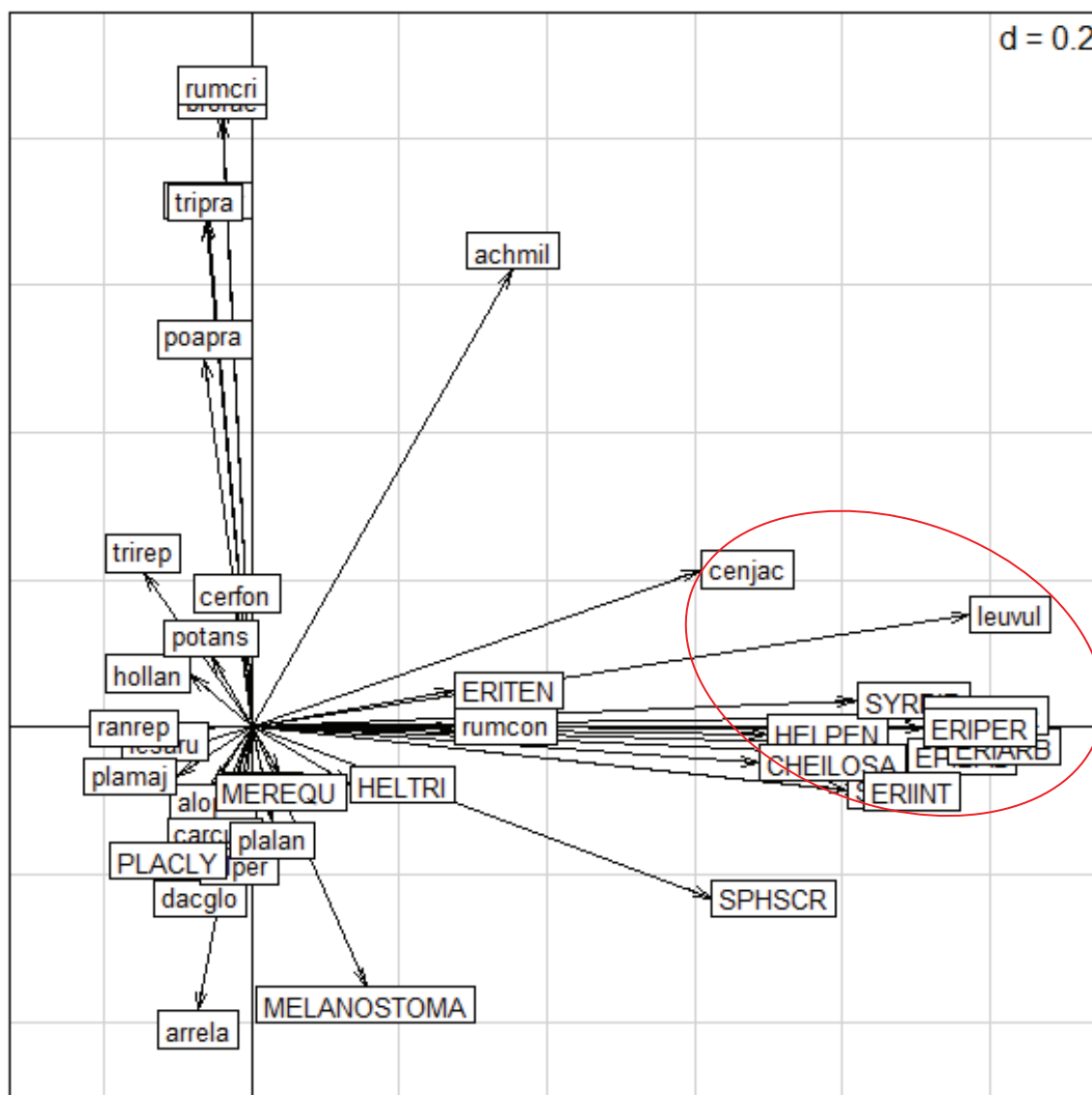


Figure 27 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12_1 et des 15 espèces de syrphes sélectionnées.

Le tableau 16 présente les coordonnées des espèces végétales qui expliquent les axes de l'ACP. On remarque que la plupart des espèces de syrphes sont regroupées à droite du schéma, avec des plantes à fleurs. Aucune graminée n'est associée à une espèce de syrphe. Seule *Platycheirus clypeatus*, semble liée aux graminées.

Tableau 16 Coordonnées des espèces végétales qui expliquent les axes de l'ACP Fig27.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Leucanthemum vulgare	0.9735	0.1538
Bromus racemosus	-0.0399	0.8272
Arrhenatherum elatius	-0.0728	-0.3856

Les espèces de syrphes regroupées à droite du schéma sont associées à deux espèces végétales : *Leucanthemum vulgare* (Lam. 1779), la marguerite commune et *Centaurea jacea* (L. 1753). Ce sont donc des espèces favorables à la présence des *Cheilos*, des *Eristalis*, des *Helophilus pendulus* et des *Syrphus ribesii*. C'est en effet sur la bande enherbée BE10 que l'on retrouve ces espèces végétales, et où étaient observés majoritairement ces syrphes.

Une ACP est effectuée (Cf. Figure 28) avec les espèces des hyménoptères observées sur le territoire.

En plus des deux autres espèces végétales citées précédemment, le *Trifolium hybridum* (L. 1753) semble attirer de nombreux pollinisateurs (Cf. Tableau 17). Parmi eux on y trouve les plus abondants : *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) et *Bombus lapidarius* (Linnaeus, 1758).

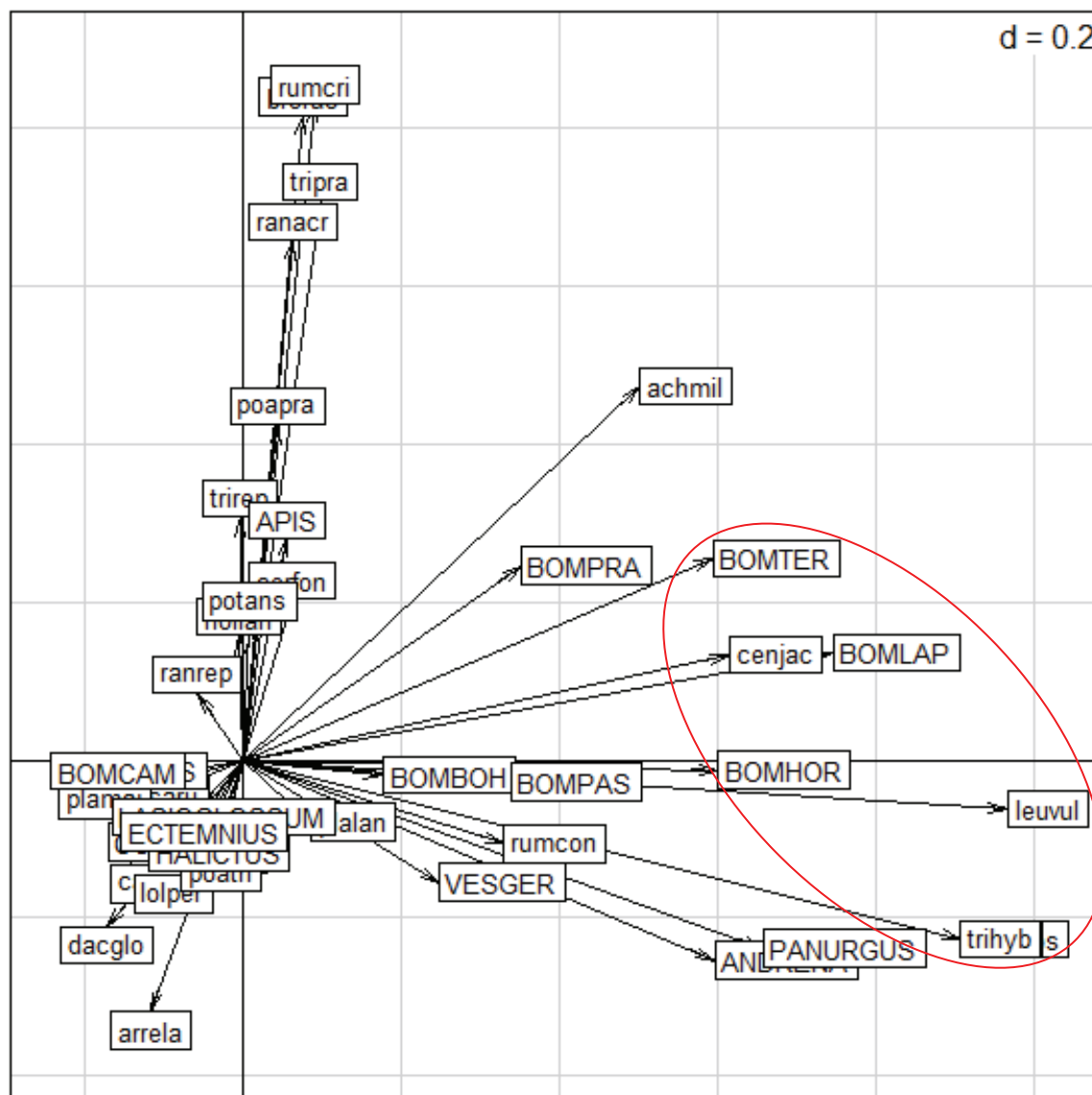


Figure 28 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12_1 et des 16 espèces d'hyménoptères observées sur le territoire.

Tableau 17 Coordonnées des espèces végétales qui explique les axes de l'ACP Fig28.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
<i>Trifolium hybridum</i>	0.9079	-0.2266
<i>Centaurea jacea</i>	0.6146	0.1325
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0.9667	-0.0616

La plupart des autres espèces d'hyménoptères ne sont pas associés à des espèces végétales. A l'inverse des syrphes, les pollinisateurs semblent favorisés par des espèces en particulier.

Ces résultats confirment les conclusions de l'étude de Pauline Defives : la modalité « prairie fleurie » est préférée par les insectes floricoles et butineurs. On y trouve également des espèces amatrice de plantes mellifères (qui produisent du nectar) comme les rhopalocères (papillons).

Une ACP est réalisée sur les espèces de papillons de jour (rhopalocères) afin de voir si les résultats concernant les syrphes se vérifient avec ce groupe. La figure 29 présente la distribution des espèces de papillons avec les espèces végétales du groupe phytosociologique.

Pour les papillons, il faut s'intéresser aux plantes hôtes des chenilles. Par exemple, on a vu précédemment (cf.3.4.4) que les espèces *Ochlodes sylvanus* (Esper, 1777) et *Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1808) sont dépendantes des graminées. C'est également le cas de *Pyronia tithonus* (Linnaeus, 1771), qui est regroupée avec les deux autres.

Le tableau 16 indique que l'*Arrhenatherum elatius*, une graminée appréciée par ces papillons, explique l'axe 2. On voit que les deux espèces de papillons sont liées à elle.

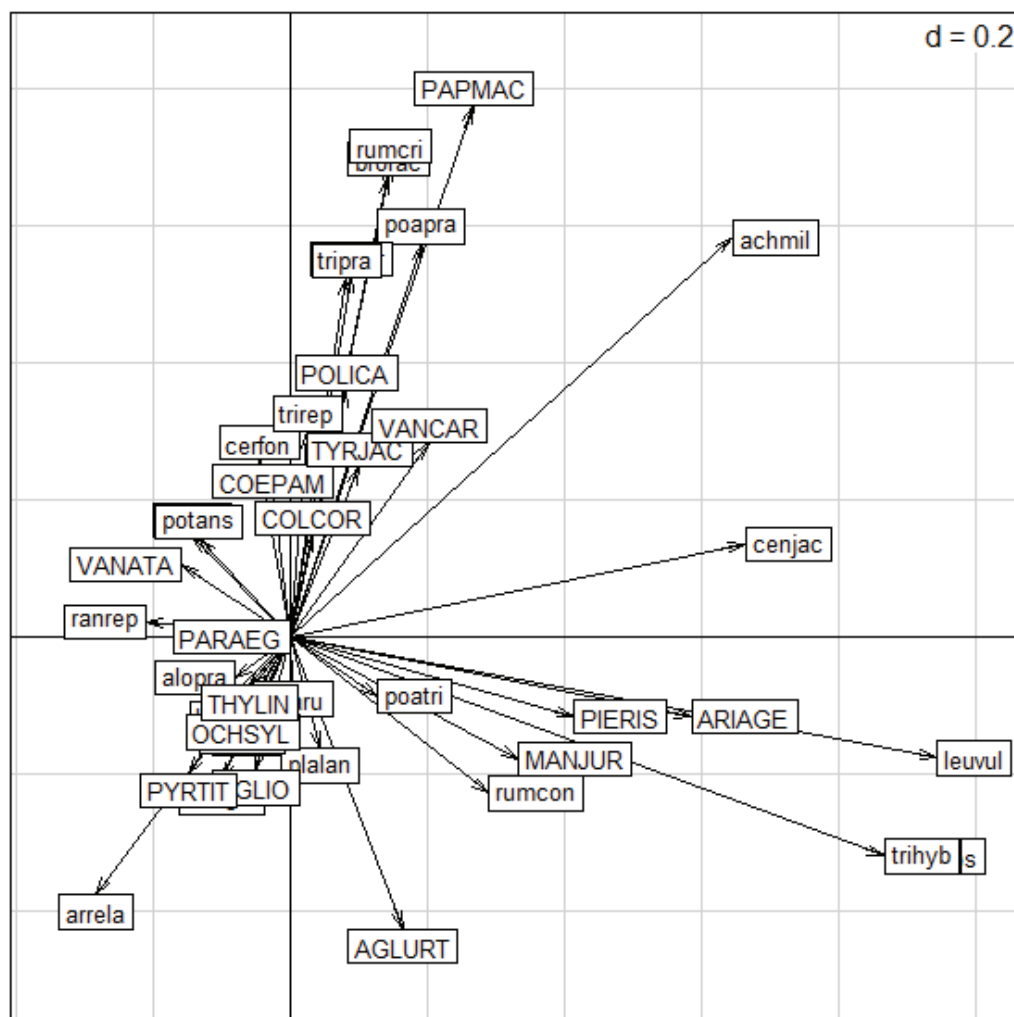


Figure 29 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12.1 et des 16 espèces de rhopalocères observées sur le territoire.

Tableau 18 Coordonnées des espèces végétales qui expliquent les axes de l'ACP Fig29.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Rumex crispus	1.463050e-01	0.6913
Arrhenatherum elatius	-2.844333e-01	-0.3768
Leucanthemum vulgare	9.444669e-01	-0.1769
Trifolium hybridum	8.678949e-01	-0.3203
Bromus racemosus	1.421029e-01	0.6732

Ainsi les graminées sont également importantes pour les rhopalocères. Des plantes à fleurs ne suffisent pas. C'est également le cas pour les *Aglais io* (Linnaeus, 1758) et *Aglais urticae* (Linnaeus, 1758). C'est deux espèces sont dépendantes de la grande ortie (*Urtica dioica* (L.) [1753]).

Pour les insectes volants, une diversité d'espèces végétales, à la fois espèces floricoles et graminées, est nécessaire.

4.1.2 Bandes à graminées pour les carabidae

Une ACP est réalisé sur les espèces végétales du groupe phytosociologique 12_1 et les 25 espèces de carabes sélectionnées. Les résultats n'étant pas pertinents, il a été décidé de ne pas les interpréter en faisant de mauvaises conclusions. Les carabes ne sont pas liés à des espèces végétales, de manière directe. En effet, la plupart sont des prédateurs. La présence d'un couvert végétale suffit, peu importe les espèces. Ainsi, d'autres facteurs entrent en compte pour favoriser la biodiversité de carabes.

Malgré tout, les bandes enherbées étant composées essentiellement de ray-grass attirent les insectes granivores (Cf. Annexe 7). C'est le cas de beaucoup d'espèces de carabes, qui peuvent compléter leur alimentation avec des graines.

4.2 Quel mode de gestion de la bande enherbée pour valoriser la biodiversité entomologique?

Cette partie s'articule autour de plusieurs questions. Comment préserver les carabes et les autres insectes auxiliaires de culture ? Qu'est-ce qui est important pour préserver et valoriser la diversité des carabes ?

Les carabes étant des prédateurs, le facteur le plus favorable à leur présence est l'abondance de proies (pucerons, limaces...). Il est donc important d'avoir des proies. Pour cela, un couvert végétal composé des plantes hôtes des pucerons est nécessaire.

Y a-t-il une période de fauche plus adaptée à la dynamique des carabes pour favoriser leur développement ?

La variable « fauche » de la bande enherbée a été testée et les résultats n'ont pas été concluants. Ce paramètre semble plus affecter les insectes volants à un instant T que les carabes qui restent au sol.

La variable qui influence le plus les carabes est le labour de la parcelle. Comme cela a été expliqué précédemment (Cf. 2.1.1.1.1) les larves de carabes se développent dans le sol, dans la parcelle cultivée. Le labour détruit donc une partie de la population de larves. Ce phénomène se fait ressentir dans les résultats obtenus (Cf. 3.3.4). Les carabes sont moins nombreux et moins diversifiés dans les bandes enherbées au bord des cultures labourées que dans les cultures non labourées.

D'autre part, le type de végétation a été testé. Cependant, les carabes ne sont pas directement liés aux espèces végétales. Un couvert végétal est nécessaire. Les graminées se révèlent importantes car certaines espèces de carabes complètent leur alimentation avec des graines (Cf. Annexe 7). Le ray-grass est intéressant pour ce type d'auxiliaires de culture

De plus, le ray-grass anglais pousse moins vite que les deux autres types de graminées (dactyle et fétuque), ce qui se traduit par moins de fauche de la bande pour l'exploitant (Lesage et al. 2009). Il est donc possible de trouver des solutions alternatives qui permettent d'entamer une mutation des pratiques agricoles.

Il est difficile de juger de ce qui pourrait mieux convenir aux carabes, et aux autres insectes pour assurer le maintien et l'augmentation des populations, dans la mesure où l'étude s'est faite sur une seule année. Il est important de prendre en compte les années précédentes. En effet, les années précédentes ont été très mauvaises pour l'entomofaune. Cette année, les populations se reconstituent. Les résultats de cette étude ne suffisent donc pas pour définir un mode de gestion des bandes enherbées. Il est nécessaire de poursuivre la collecte et l'analyse de données pour les années qui suivent afin de préciser les conclusions.

Cependant, il semble déjà opportun de signaler que l'introduction de quelques espèces mellifères dans les mélanges semés de bandes enherbées pourrait être intéressante pour l'entomofaune dans sa globalité. De la même manière, il pourrait être intéressant de réfléchir à quelles espèces de graminées favoriser de manière à diminuer le nombre de fauche permettant ainsi de stabiliser le couvert végétal et de ne pas soumettre la bande enherbée à trop de fauches dans l'année (espèces à croissance plus lente).

4.3 Les limites de l'étude

Il est important de parler des limites des protocoles afin de les perfectionner dans le cadre de la poursuite de l'étude.

4.3.1 Limites du protocole « pièges Barber »

Cette étude s'est réalisée grâce à la définition de 50 transects, répartis sur 8 communes, tous composés de 6 pièges Barber. Il va sans dire que ce protocole a nécessité un nombre d'heures sur le terrain et un nombre de déplacements extrêmement important, d'autant plus qu'il a été réalisé par seulement deux personnes.

Outre la grande ampleur du protocole, il faut mettre en avant le fait que certains pièges ont abimés par le passage d'engins agricoles ou bouché par l'activité de la faune du sol et des racines des végétaux.

Pour limiter les dégâts liés à l'activité agricole, il est important de prévenir les exploitants de la présence des pièges et marquer leur localisation à l'aide de jalons visibles.

4.3.2 Limites du protocole « filet fauchoir »

De la même manière que pour les inventaires des pièges Barber, le protocole du filet fauchoir était de très grande ampleur. Un seul passage de douze coups de filet suffit pour l'étude.

4.3.3 Limites du protocole « chasse à vue »

Les limites de ce protocole sont particulières.

En effet, certains individus n'ont pas pu être déterminés car ils n'ont pas été attrapés. Ces individus ont malheureusement dû être écartés des traitements statistiques, ce qui peut influencer les résultats. Il est important de préciser que certains individus ont pu être comptés plusieurs fois car ils se déplacent sur le transect, ce qui fausse le nombre d'individus.

4.3.4 Limites du protocole d'inventaire botanique

Pour ce qui est de l'inventaire botanique, les limites sont liées à la fauche des bandes enherbées et prairies. En effet, 3 inventaires ont été réalisés sur la période. Cependant, certaines stations ayant été fauchées, toutes n'ont pas pu être inventoriées à chaque fois.

4.3.5 Détermination des espèces

Outre les contraintes des quatre types de protocoles, déterminer les espèces des différents taxons ciblés (carabidae, hyménoptères, hétéroptères et syrphidae) s'est révélé être une limite de l'étude.

En effet, cette phase n'est pas à négliger en termes de nombre d'heure de travail. Il faut également préciser que, dans la mesure où la détermination n'a pas été tout le temps effectuée par des professionnels, des erreurs sont à prévoir. Il faut donc interpréter les résultats avec prudence.

4.4 Perspectives et poursuite de l'étude

Les résultats l'ont prouvé : les bandes enherbées sont une zone refuge pour l'entomofaune. Pour ce qui est de l'aspect de « corridors », il serait intéressant dans une prochaine étude d'évaluer la fonctionnalité des bandes en tant que lien entre les cœurs de nature. Le rôle de corridors écologiques est en partie prouvé mais il serait nécessaire de mieux connaître l'effet de la fragmentation du paysage agricole, en mettant en avant les « points noirs ». Il s'agit d'identifier les zones où les passages de l'entomofaune au sol et volante sont limités voire impossibles. Le but étant d'améliorer les déplacements des individus pour favoriser leur recherche de nourriture, leur reproduction...

Pour cela le logiciel Fragstst semble tout indiqué. Mis en place en 1995 en accord avec le Rapport Technique Général du Service des Forêts américain, ce logiciel permet d'effectuer des mesures du paysage (Landscape), de classe (Class) et de tâche (Patch) en fonction de différents processus à analyser (diversité, évolution des limites, surface, densité, isolation/proximité...).

Cette étude ne constitue que les bases, dans la collecte et l'analyse des données. Les résultats ne seront pertinents que si elle est prolongée sur plusieurs années. Si elle doit se poursuivre, il faut se baser sur les nouveaux protocoles. Par exemple, le nombre de transects peut être diminué (Cf. résultats des tests de robustesse d'échantillonnage présenté en 3.1 du présent rapport). Il est important de prendre en compte les limites et les contraintes (Cf. 4.3) auxquelles il a fallu faire face durant les inventaires.

Cette étude s'inscrit dans la volonté de l'association Lestrem Nature de faire changer les pratiques agricoles en proposant des solutions alternatives autour du rôle de la diversité entomofaunistique.

Conclusion

Imposées en 2005 par la nouvelle PAC (Politique Agricole Commune), et renforcées en 2010 par la loi Grenelle II, les bandes enherbées jouent un autre rôle que celui de « zones tampons » entre les parcelles agricoles et les cours d'eau.

Les résultats des tests sur l'ensemble des taxons sont en effet unanimes : les bandes enherbées sont de vrais refuge-habitat pour les insectes, qu'ils s'agissent d'insectes volants ou d'insectes rampants au sol.

On y trouve une grande diversité d'espèces entomologiques, même si elles sont communes à l'échelle nationale ou à l'échelle de la région. La plupart sont des auxiliaires de cultures : pollinisateurs ou ennemis de ravageurs qui assurent ce qu'on appelle le contrôle biologique.

Parmi les pollinisateurs, les bourdons sont très présents en nombres d'individus et en nombre d'espèces. Des abeilles du genre *Apis* mais également des abeilles sauvages sont très présentes.

Parmi les insectes au sol, seuls les carabes ont été étudiés. 80 espèces ont été recensées. Cela constitue une richesse incontestable sur le territoire de Lestrem ; d'autant plus que la plupart sont des agents de lutte biologique. Ils mangent limaces, pucerons...et assure ainsi le contrôle des populations de ces ravageurs.

D'autres insectes ont été observés, comme les coccinelles et les staphylins, également auxiliaires de cultures. Durant les inventaires, des ravageurs ont pu être identifiés : des punaises (hémiptères), des pucerons... La présence de ces ravageurs n'est pas alarmante dans la mesure où ils constituent la nourriture de leurs ennemis naturels et assurent ainsi le maintien des populations de carabes.

Pour ce qui est des autres taxons, la richesse spécifique est également importante : 18 espèces de rhopalocères (papillons de jour) et 4 espèces d'odonates (libellules et demoiselles). Ces taxons témoignent de la qualité des milieux par leur simple présence.

De nombreux paramètres ont été testés pour l'étude : la fauche, l'occupation du sol autour des stations, la pratique agricole (labour)... Tous n'influencent pas la présence des espèces entomologiques. Et s'il y a une influence, elle ne touche pas les espèces de la même manière. Par exemple, les insectes volants semblent plus affectés par la fauche que ne le sont les insectes au sol tels que les carabes.

L'occupation du sol ne semble pas avoir plus d'influence sur les insectes volants que sur les insectes au sol. Si il y a un effet, il est du à la végétation lié à chaque modalité d'occupation du sol. Par exemple, une espèce favorisée par la présence de culture est une espèce granivore.

La diversité végétale a en effet, une influence sur les insectes, surtout sur les volants. Les butineurs ont besoin de la présence de fleurs. Pour ce qui est de carabes, un simple couvert végétal suffit. Les bandes enherbées doivent être à la fois semées de plantes floricoles et des graminées pour assurer la présence d'un maximum d'espèces entomologiques.

Les hypothèses de départ n'ont pas toutes été vérifiées. En effet, les prairies sélectionnées ne présentaient pas une entomofaune plus diversifiée que les bandes enherbées. Les cartes en annexe 8 indiquant le nombre d'espèces pour chaque groupe entomologique par site d'inventaire (11 bandes enherbées et 5 prairies) le prouvent. Ce résultat est en partie expliqué par le choix des prairies. Toutes ne présentaient pas les caractéristiques des prairies fleuries. Cela fait partie des contraintes qu'il y a eu en amont sur l'échantillonnage des transects.

La deuxième hypothèse était liée aux pratiques agricoles et plus particulièrement au labour des parcelles. Le scénario envisagé voulait qu'il y ait plus d'espèces dans les bandes enherbées au bord de culture non labourée. Ce paramètre a été testé et les résultats ont été concluant pour le groupe visé : les carabes. C'est, en effet dans ces bandes en culture dite « raisonnée » que l'on trouvait le plus d'espèces mais également les plus d'individus. Il est donc important de réduire, voir de supprimer la pratique du labour si l'on veut assurer le maintien voir le développement des

populations de carabes. Cela permet d'aider à la lutte contre les ravageurs comme les limaces ou les pucerons.

Pour ce qui est des autres moyens à mettre en œuvre par les agriculteurs, pour augmenter la population et la diversité de ces espèces, plusieurs choses sont à recommander. La fauche des bandes doit être adaptée à la dynamique des populations d'insectes. Les résultats obtenus dans cette étude n'ayant pas été concluants, il serait intéressant de se focaliser sur l'effet de la date de fauche, dans une prochaine étude.

D'autre part, une réduction de produits phytosanitaires, qui affectent plus les auxiliaires que les ravageurs, pourrait être envisagée. Ce point n'a pas été abordé faute de temps mais il serait intéressant d'évaluer l'effet de la quantité de ces produits sur l'entomofaune des bords de champs.

Les insectes constituent incontestablement, un des axes majeur de la réflexion sur la mutation des pratiques agricoles.

C'est, en partie, par l'utilisation de leurs services que l'agrobiologie pourra se mettre en place.

Bibliographie

- Amiet F., Herrmann M., Müller A. and Neumeyer R. (2001). Fauna Helvetica, Apidae 3, Halictus, Lasioglossum, Centre Suisse de cartographie de la faune, 66p
- Ball S.G, Stubbs A.E., Mclean I.F.G., Morris R.K.A., Falk S.J. & Hawkins R.D., 2002. British Hoverflies: an illustrated identification guide, 2nd edition, 469pp. British Entomological and Natural History Society.
- Baars M. A., 1979. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia*, 41, p. 25-46.
- Barber, H. S., 1931. Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 46:259–266.
- Baugnée J-Y., Branquart E., 2001. Clef de terrain pour la reconnaissance des principales coccinelles de Wallonie (Chilochorinae, Coccinellinae & Epilachninae). Ed. Jeunes et Nature, 55 p.
- Benton Tim G., Vickery Juliet A. and Wilson Jeremy D. (2003), Farmland biodiversity is habitat heterogeneity the key ?, *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol.18 No.4 April 2003.
- Bernard J.L., Havet P., Fort M. (2007). Bandes enherbées : Enjeux, implantation et entretien. Ed. Arvalis, Institut du végétal 40 p.
- Bianchi F. J. J. A., Booij C. J. H. and Tscharrntke T. (2006), Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control, *Proc. R. Soc. B* 273, 1715–1727
- Bouget, C. & Nageleisen, L. M., 2009. L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt » (Inv.Ent.For.). *ONF, les dossiers forestiers n°19*.
- Burel Françoise, Norma Millán de la Peña, Alain Butet, Yannick Delettre, Philippe Morant (2003) Landscape context and carabid beetles (Coleoptera : Carabidae) communities of hedgerows in western France, *ECOBIO, CNRS Université de Rennes, Agriculture Ecosystems and Environment* 94. 59–72, accepted 15 January 2002.
- Canévet C. (1992) Le Modèle Agricole Breton : Histoire et Géographie D'une Révolution Agroalimentaire. *Presses Universitaires de Rennes*, Rennes, France.
- Chinery M. (2005). Insectes de France et d'Europe occidentale. Ed. Flammarion, 320 p.
- Cordeau Stéphane (2010), Conséquences de la mise en place des bandes enherbées sur l'évolution de la flore adventice, Université de Bourgogne - Institut National de la Recherche Agronomique.
- CORPEN / Groupe Zones tampons (2007). Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. Ministère du Développement Durable, 75 p.
- Colignon P., Francis F., Fadeur G. & Haubruge E. (2004) Aménagement de la composition floristique des mélanges agri-environnementaux afin d'augmenter les populations d'insectes auxiliaires, *Unité de Zoologie générale et appliquée Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Parasitica*, 60(3-4):3-18.

- Dauguet P., 1949, Entomologie pratique. Les Coccinellini de France, Editions de l'Entomologiste, 45 p.
- Demarle Renaud (2012). Inventaires des odonates, Compilations des données 2010-2011-2012, 96p.
- Didier Benjamin (2012), Relation entre la biodiversité fonctionnelle des végétaux d'une bande enherbée (et de la parcelle agricole correspondante) avec les traits de vie liés à la prédation exercée par les Carabidae auxiliaire de culture, Master 2 Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement - Parcours Fonctionnement et Gestion des écosystèmes, UMR Université de Lorraine – INRA Clomar.
- Digweed, S. C., Currie, C. R., Carcamo, H. A. & Spence, J. R., 1995. Digging out the "digging-in effect" of pitfall traps: Influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia* 39, 561-576.
- Dodelin, Benoit (2006), Ecologie et biocénose des coléoptères saproxyliques dans quatre forêts du nord des Alpes françaises, Université de Savoie – Laboratoire d'écologie alpine (LECA).
- Du Chatenet G. (2005), Coléoptères d'Europe, Carabes, Carabiques et Dytique. Volume 1, *Adephaga*, NAP Editions. 625p.
- Duelli, P. (1997). Biodiversity evaluation in agricultural landscapes : an approach at two different scales. *Agric. Ecosyt. Environ.* 62, 81–91.
- Dupont P. et Lumaret J. P., 1997. Intégration des invertébrés continentaux dans la gestion et la conservation des espaces naturels. Analyse bibliographique et propositions. Ministère de l'Environnement, Paris, 258 p.
- Dylewska M. (1987). Die gattung Andrena in Nord und Mitteleuropa. *Acta Zooligica cracoviensa*.
- Eggenschwiler Lisa, Senn Maya, Ferrari Adele, Egli Andreas et Jacot Katja (2012) Attractivité des prairies extensives pour les prédateurs des pucerons, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich, Haute école zurichoise de sciences appliquées. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (2): 96–103.
- Ekroos, J., Hyvonen, T., Tiainen, J. and Tiira, M. (2010). Responses in plant and carabid communities to farming practises in boreal landscapes, *Agriculture Ecosystems & Environment*, 135(4), 288-293.
- Fletcher M.G., Axtell R.C., Stinner R.E. and Wilhoit L.R. (1991). Temperature-dependent Development of Immature Carcinops pumilio (Coleoptera: Histeridae), a Predator of Musca domestica (Diptera: Muscidae), Department of Entomology, North Carolina State University Raleigh.
- Francis Frédéric, Fadeur Geoffrey & Haubruge Eric (2005). Effet des tournières enherbées sur les populations de syrphes en grandes cultures, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, *Notes fauniques de Gembloux* 2005 56, 7-10.
- Fried Guillaume (2010), Variations spatiales et temporelles des communautés adventices des cultures annuelles en France, *Acta Botanica Gallica*, 157:1, 183-192.
- Garcin A., Demarle O., Soldati F., (2004). Agriculture biologique en verger. Les Carabes, indicateurs de biodiversité et auxiliaires généralistes. Infos-Ctifl n° 199, p. 42-47.
- Garcin A., Demarle O., Soldati F., (2004). Agriculture biologique en verger. Les Carabes, indicateurs de biodiversité et auxiliaires généralistes. Infos-Ctifl n° 199, p. 42-47.

Garcin A., Mouton S. (2006). Le régime alimentaire des carabes et staphylins. Infos-Ctifl n°218, p. 19-24.

Garcin, A., Darthout, L., Lochard, G (2008). Les carabes en verger de pommier. Des auxiliaires à préserver. Infos-Ctifl n°244, p. 31-35.

Gotelli Nicholas J. and Colwell Robert K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness, in *Ecology Letters*, (2001) 4: 379±391.

Guilbot Robert (1999) Les insectes des prairies : un maillon essentiel de l'écosystème prairial, Fourrages, 160, 403-416.

Haarto A. & Kerppola S., 2007. Finnish hoverflies and some species in adjacent countries. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu. 647 pp.

Jeannel R. (1941). Coléoptères Carabiques, Tome I. Faune de France. 571p.

Jeannel R. (1942). Coléoptères Carabiques, Tome II. Faune de France. 600p.

Jeannel R. et Boca G. (1949). Coléoptères Carabiques, supplément 51. Faune de France. 51p.

Kieffer Etienne (2013). Etude de la fonctionnalité des corridors humides en lien avec les populations d'odonates, 54p.

Koivula, M., Kotze, D., Hiisivuori, L. & Rita, H., 2003. Pitfall trap efficiency: Do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter ?, *Entomologica Fennica* 14, 1-14.

Lafitte J.J. & Cravero G., 2010. La généralisation des bandes enherbées généralisation des le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2) : réflexion sur l'impact et la mise en œuvre de cette disposition. Rapports du CGAAER n°1912.

Lafranchis Tristan, (2009). Papillons d'Europe, Diatheo. 379p.

Lafranchis Tristan (2001). Les Papillons de jour, de France, Belgique et Luxembourg et leur chenilles, Parthénope Collection, 452p.

Lalonde Olivier (2011), Évaluation de l'abondance relative et de la richesse spécifique des carabes associées à différents systèmes culturaux et travaux de sol, Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval, Québec.

Langlois Dominique, Gilg Olivier (2007) Méthode de suivi des milieux ouverts par les Rhopalocères dans les Réserves Naturelles de France, Révision de la proposition de protocole 2002 de Demerges David et de Bachelard Philippe.

Larochelle, A. (1990). The food of carabid beetles Fabrerries supplement 5.

Lecomte T., Le Neveu C. (1993) Insectes floricoles et déprise agricole : application à la gestion des réserves naturelles du Marais Vernier (Eure, France), *Inventaire et cartographie des invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français*, Actes du séminaire tenu au Mans les 6-7 novembre 1992, Lhonoré J., Maurin H., Guilbot R., Keith P. édit., collection Patrimoines Naturels, vol. 13, Paris, Secrétariat Faune - Flore/MNHN, 118-123,214 pp.

Leraut P. (2003). Le Guide entomologique, Les Guides du Naturaliste (Delachaux et Niestlé). 527p.

Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.P., Trommetter, M., 2008. Agriculture et biodiversité Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective. Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA

Lesage et al. (2009). Espaces de biodiversité, Aménagements. Ibis (Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitation), Ministère de l'Agriculture et de la pêche. 95p.

Leseigneur L., 1972. Coléoptères Elateridae de la faune de France continentale et de Corse. Supplément au Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 379 p.

Lindroth C. H. (1974). Handbooks for the identification of British Insects, Coleoptera Carabidae. Vol. IV Part 2 Royal Entomological Society of London. 148p.

Lumaret Jean-Pierre (2010), Pastoralismes & Entomofaune, Association Française de Pastoralisme, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive.

Majerus M., 1994. Ladybirds. New Naturalist Series, 368p.

Majerus M., Hemptinne J.-L. (2005). Les Coccinelles : description, mœurs, reproduction, cohabitation, observation... Ed. Delachaux et Niestlé. 189 p.

Marie Alexia (2012). Paysage et traits d'histoire de vie chez les coléoptères carabiques, Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage, Université de Rennes.

Marshall E.J.P., Moonen A.C. (2002), Field margins in northern Europe : their functions and interactions with agriculture, *Agriculture Ecosystems and Environment* 89 (2002) 5–21.

Martinez M. et Gauvrit B. (1997). Combien y a-t-il d'espèces d'Insectes en France ?, Bulletin de la Société entomologique de France, 102 (4) : 319-332.

Marty P., Vivien F.-D., Lepart J., Larrère R., 2005. Les biodiversités : objets, théories, pratiques, Paris : Éditions du CNRS, 261 p.

Meriguet B. et Zagatti P. (2003). Inventaire Entomologique. OPIE (Office Pour les Insectes et leur Environnement), Parc Forestier Régional de Sevrans, Forêt Régionale de Bondy, Agence des Espaces Verts de la Région Île-de-France. 49p.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, L'Agriculture dans le territoire, In *Alim'agri*, Juillet 2012 hors-série n°26

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat, La généralisation des bandes enherbées le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2) : réflexion sur l'impact et la mise en oeuvre de cette disposition Mai 2010.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (2008), Agriculture et biodiversité : Valoriser les synergies, Expertise scientifique collective - Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (janvier 2010), Grenelle De L'environnement - Plan de mobilisation nationale sur les métiers de la croissance verte, Rapport Du Comité De Filière Biodiversité Et Services Ecologiques, Comité national

de pilotage du plan de mobilisation des territoires et des filières sur le développement des métiers de la croissance verte.

Namaghi H. Sadeghi and M. Hussein (2009), The Effects of Collection Methods on Species Diversity of Family Syrphidae (Diptera) in Neyshabur, Iran, *J. Agr. Sci. Tech. Vol. 11*: 521-526.

Nicolardot S. et Foy N. (2004). Les bandes enherbées : opportunités et contraintes. Chambre d'Agriculture de l'Aube, 7 p.

Noblecourt T. (2001). Une méthode d'échantillonnage des Coléoptères de la frondaison des résineux. Essai comparatif en sapinières régulière et jardinée. Mémoire de DESU, Université Paul Sabatier, Toulouse, 71p.

Olson Dawn M. and Wäckers Felix L. (2007), Management of field margins to maximize multiple ecological services, *Journal of Applied Ecology* 2007 44, 13–21.

Osychnyuk A. Z. (1978) Famille des Andrenidae in << G.S. Medvedeva >> SSSR. Traduction par R. KUT, UMH.

Ouin A., Burel F., Influence of herbaceous elements on butterfly diversity in hedgerow agricultural landscapes, UMR ECOBIO, Université de Rennes 1, Received 23 April 2001; received in revised form 19 December 2001; accepted 15 January 2002

Pallier Christophe, Lalanne Christophe (2005), Introduction à l'analyse des statistiques des données : travaux pratiques avec le logiciel "R". 44p.

Perner Jörg, Wytrykush Carla, Kahmen Ansgar, Buchmann Nina, Egerer Ilka, Creutzburg Sylvia, Odat Nidal, Audorff Volker and W. Weisser Wolfgang (2005), Effects of plant diversity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands, *ECOGRAPHY* 28: 429/442, 2005.

Picault, S., (2009). Une approche agro-écologique de la protection des cultures : le projet Biodivleg. Infos-Ctifl n°254, p. 42-47.

Picault, S., (2011). Influence des haies sur la régulation naturelle des mouches en cultures de Brassicaceae. Infos-Ctifl.

Pollet F. (2003). Les bandes enherbées et les zones tampons. *Les Cahiers Techniques de Nature Centre*, 16 p.

Reboulet J.N. (1999). Les auxiliaires entomophages - Reconnaissances, méthodes d'observation, intérêts agronomiques. Ed. ACTA, 135 pages.

Réserve Naturelle Marais de Lavours, 2008-2012. Connaître les invertébrés pour préserver les habitats naturels humides.

Ricard J.M., Boreau De Roince C., Garcin A., Jay M., Mandrin J.F., Lavigne C., Bouvier J.C. (2010). Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier (1re partie). Infos-Ctifl n°263, p. 10-15.

Ricard J.M., Boreau De Roince C., Garcin A., Jay M., Mandrin J.F., Lavigne C., Bouvier J.C., Mille M. (2011). Fonctionnalité des arthropodes du sol dans le contrôle des ravageurs du pommier (2^e partie). Infos-Ctifl n°273, p. 24-29.

Ricard J.M., Garcin A., Damian-Picollet S., Bousquet L. (2007). Biodiversité des arthropodes du sol en verger d'olivier et recherche de prédateurs de la mouche de l'olive. Infos-Ctifl n°229, p. 25-30.

Ricou G. (1985) Recyclage des fèces et faune associée dans les écosystèmes dégradés : pâturage d'altitude et garrigues, Doctorat Ecologie animale, Université de Rennes, 263 p.

Ricou G. (1987) Effet de la pression humaine sur l'entomofaune, *Cahier Liaison DPIE*, vol. 21 (4), 67, 3-5.

Ricou G.(1989) Des insectes, agents fertilisants des prairies, *Insectes*, n074 (3), Ed. OPIE.

Rotheray G.E., 1993. Colour guide to hoverfly larvae (Dipt., Syrph.). Dipt. Digest 9, 158 pp., 16 colour plates. [identification des larves]

Sauzeau Béatrice (2010), Effets de la fragmentation du paysage sur le maintien de la flore des parcelles cultivées, Université de Rennes - UFR Sciences de la Vie et de l'Environnement - Master 2 EFCE.

Science & Décision, 2007. La biodiversité dans les zones rurales : comment concilier préservation et activités humaines ? *Dossier Biodiversité des zones rurales*.

Scohier A., Farruggia A., Lanore L., Dumont B. (2012) Un pâturage tournant alternatif conciliant performances animales et préservation des insectes prairiaux, INRA, Unité Mixte de Recherches sur les Herbivores, Theix, Renc. Rech. Ruminants.

Snyder William E. and Ives Anthony R., Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid, Department of Zoology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin USA

Soltner D. (2001). Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers. *Collection Sciences et Techniques agricoles*, 24 p.

Sunderland, K. D., DeSnoo, G. R., Dinter, A., Hance, T., Helenius, J., Jepson, P., Kromp, B., Lys, J. A., Samu, F., Sotherton, N. W., Toft, S. & Ulber, B., 1995. Density estimation for invertebrate predators in agroecosystems. *Acta Jutlandica* 70, 133-162.

Teja Tscharntke, Alexandra M. Klein, Andreas Kruess, Ingolf Steffan-Dewenter and Carsten Thies (2005), AgroecologyLandscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management, *Ecology Letters*, (2005) 8: 857–874, University of Göttingen, Waldweg, Germany

Teja Tscharntke, Riccardo Bommarco, Yann Clough, Thomas O. Crist, David Kleijn, Tatyana A. Rand, Jason M. Tylianakis, Saskya van Nouhuys, Stefan Vidal, Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale, *Biological Control* 43 (2007) 294–309.

Terzo M. & Rasmont P.(1997). Clé des genres d'apoïdes d'Europe occidentale, 37p.

Terzo M. & Patiny S. (2010). Catalogue et clé des sous-genres et espèces du genre *Andrena* de Belgique et du nord de la France (Hymenoptera, Apoidea), Université de Mons - Laboratoire de Zoologie.

R. Billeter, J. Liira, D. Bailey, R. Bugter, P. Arens, I. Augenstein, S. Aviron, J. Baudry, R. Bukacek, F. Burel, M. Cerny, G. De Blust, R. De Cock, T. Diekötter, H. Dietz, J. Dirksen, C. Dormann, W. Durka, M. Frenzel, R. Hamersky, F. Hendrickx, F. Herzog, S. Klotz, B. Koolstra, A. Lausch, D. Le Coeur, J. P.

Maelfait, P. Opdam, M. Roubalova, A. Schermann, N. Schermann, T. Schmidt, O. Schweiger, M.J.M. Smulders, M. Speelmans, P. Simova, J. Verboom, W.K.R.E. van Wingerden, M. Zobel and P.J. Edwards, Indicators for biodiversity in agricultural landscapes : a pan-European study, *Journal of Applied Ecology* (2008), 45, 141–150.

VAN VEEN M. P., 2004. Hoverflies of Northwest Europe, identification keys to the Syrphidae. KNNV Publishing, Utrecht, the Netherlands, 254 pp.

Verlinden L., 1994. Faune de Belgique : Syrphidés (Syrphidae). Institut Royal Sc. Nat de Belgique, Bruxelles, 289 p.

Walter K.R.E. van Wingerden, Arjan J. Griffioen, Marja van der Veen, Marja J.J. van der Straten, Aart P. Noordam, Theodoor Heijerman, Cajo J. F. ter Braak, Henk A.M. Meeuwsen, Henk Timmermans & Felix J.J.A. Bianchi (2004), Effects of green veining on natural enemies of invertebrate pest species in leek and sprouts, Wageningen UR, Landscape Centre, Ecological Networks Team, Alterra Green World Research,

Walter Noël J.M., 2006. Méthodes d'étude de la végétation. Méthode du relevé floristique : introduction (Première partie).

Walter Jean-Michel Noël (2006), Méthode du Relevé Floristique, Institut de Botanique – Faculté des Sciences de la Vie – Université Louis Pasteur.

Dr Wolfgang Dierl & Werner Ring (2014) Insectes de France et d'Europe, Guide Delachaux, Ed. Delachaux et Niestlé.

Webographie

<http://www.resogm.org/>

Aide à la détermination des espèces

<http://galerie-insecte.org/galerie/>

<http://www.insectes.org/opie/monde-des-insectes.html>

<http://claudeschott.free.fr/Carabidae/Carabus/Carabidae-liste-planches.html>

<http://zoologie.umh.ac.be/hymenoptera/>

Aide mémoire logiciel R

<http://www.duclert.org/>

Glossaire

Aphidiphage : qui se nourrit de pucerons (de la famille des aphidae).

Auxiliaires de culture : Ce sont des organismes vivants, prédateurs, parasitoïdes ou micro-organismes soit présents naturellement dans l'écosystème, soit introduits par l'homme comme agents de lutte biologique par exemple.

Bandes enherbées : il s'agit d'une zone tampon végétalisées de quelques mètres, qui se trouvent entre les champs agricoles et les fossés de drainage.

Contrôle biologique ou *lutte biologique* : Il s'agit de la régulation des populations de ravageurs de culture par l'utilisation de leurs parasites ou prédateurs naturels.

Diapause : arrêt temporaire de l'activité ou du développement chez les insectes en hiver ou à la saison sèche ou en cas de carence alimentaire. Il s'agit d'une phase de vie ralentie. C'est une réponse adaptative aux mauvaises conditions environnementales.

Plante messicole : plante annuelle à germination préférentiellement hivernale ;

Plante mellifère (nectarifère) : plante qui produit du nectar

Pollinisation : mode de reproduction des plantes angiospermes et gymnospermes. Il s'agit du processus de transport d'un grain de pollen depuis les étamines (organe mâle) vers le stigmate (organe femelle) soit par autofécondation (concerne une minorité de plantes telles que les légumineuses ou les graminées) soit par fécondation croisée (le pollen d'une fleur se dépose sur les stigmates d'une autre fleur de la même espèce, processus qui fait souvent intervenir un insecte pollinisateur tel que l'abeille ou le bourdon (70 % à 90 % des angiospermes sont pollinisés par une espèce animale).

Polyphage : qui se nourrit d'aliments de natures divers. Organisme auxiliaire qui consomme ou qui parasite plusieurs espèces de ravageurs

Services écosystémiques : les biens sont produits par les écosystèmes (nourriture, carburants, eau...). Les services sont classés, par l'UICN, en quatre catégories : les services culturels, d'approvisionnement, de régulation et d'assistance. Il s'agit du contrôle biologique des populations de ravageurs, de la pollinisation... Ils sont particulièrement utiles à l'agriculture.

Tables des figures

Figure 1 Localisation zone d'étude dans le département du Pas-de-Calais, Source : Direction Régional de l'Environnement Nord Pas-de-Calais, 2005	8
Figure 2 Zone d'étude de Lestrem (8 communes).....	9
Figure 3 Cycle de vie des carabes, Jeannel	18
Figure 4 Cycle de vie de coccinellidae (Sources : AREHNA)	19
Figure 5 Technique d'échantillonnage de l'entomofaune volante : Chasse à vue	24
Figure 6 Schéma pour l'évaluation des indices de recouvrement. D'après Hautekeete, cours M1 Phytosociologie : Principes et méthodes.	26
Figure 7 Echantillonnage des stations : bandes enherbées et prairies.....	27
Figure 8 Distribution de la variable « nombre d'espèces » en fonction des 4 sessions de capture.....	30
Figure 9 Courbe d'accumulation (nombre d'espèces par transects) calculée à partir de toutes les espèces capturées sur les quatre sessions réunies.	31
Figure 10 Distribution du nombre d'espèces en fonction de la session d'inventaire au filet fauchoir.....	32
Figure 11 Courbe d'accumulation pour la session de mi-juin	33
Figure 12 Courbe d'accumulation pour la session début juillet	33
Figure 13 Distribution de la variable "nombre d'espèces" en fonction de la session pour les inventaires volants..	34
Figure 14 Courbe d'accumulation sur toutes les sessions réunies d'inventaire d'insectes volants..	34
Figure 15 Espèces de la famille des carabidae et leur abondance.	36
Figure 16 Espèces de la famille des syrphidae et leur abondance.....	36
Figure 17 Nombre d'espèces des différents groupes ciblés en bande enherbée et prairie.....	37
Figure 18 Analyse des Composantes Principales (ACP) : distribution des 25 espèces les plus abondantes en fonction des 4 modalités de la variable « session ».....	38
Figure 19 Dynamique temporelle des espèces de carabes révélés par le test stepAIC.	38
Figure 20 Dynamique temporelle des trois espèces de carabes les plus abondantes	39
Figure 21 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 25 espèces de carabes les plus abondantes avec les modalités de la variable occupation du sol	41
Figure 22 Distribution de la variable "nombre d'espèces" des carabes, en fonction du type de site ...	42
Figure 23 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 15 espèces de syrphes les plus abondantes avec les modalités de la variable occupation du sol.	45
Figure 24 Analyse des Composantes Principales (ACP), Distribution des groupes phytosociologiques en fonction des 3 modalités des types de sites.	48
Figure 25 Analyse des Composantes Principales (ACP), distribution des stations en fonction des groupes phytosociologiques.....	49
Figure 26 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des groupements phytosociologiques et des 15 espèces de syrphes sélectionnées.....	52
Figure 27 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12_1 et des 15 espèces de syrphes sélectionnées.	53

Figure 28 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12_1 et des 16 espèces d'hyménoptères observées sur le territoire.54

Figure 29 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12_1 et des 16 espèces de rhopalocères observées sur le territoire.55

Tables des tableaux

Tableau 1 Avantages et inconvénients de la méthode du piège Barber (ou piège à fosse). Source : Bouget & Nageleisen, 2009.	22
Tableau 2 Extrait des tableaux de relevés Barber	23
Tableaux 3 et 4 Classes des paramètres : couverture nuageuse et vent.....	25
Tableau 5 Extrait de la table de donnée des inventaires Volants.....	25
Tableau 6 Résultats du test post-hoc de Kruskal-Wallis.....	30
Tableau 7 Résultats du test post-hoc Tukey.....	32
Tableau 8 Nombre d'espèces par taxon ciblé des inventaires aux pièges Barber et au filet fauchoir..	35
Tableau 9 Nombre d'espèces par taxon ciblé des inventaires d'insectes volants (chasse à vue).....	35
Tableau 10 Variable « fauche » pour les différentes bandes.	40
Tableau 11 Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces de carabes..	41
Tableau 12 Résultats du test post-hoc Anova.	42
Tableau 13 Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces de syrphes..	45
Tableau 14 Description des groupes phytosociologiques présents dans la zone d'étude.....	47
Tableau 15 Coordonnées des groupements phytosociologiques.....	48
Tableau 16 Coordonnées des espèces végétales qui expliquent les axes de l'ACP Fig27.....	53
Tableau 17 Coordonnées des espèces végétales qui expliquent les axes de l'ACP Fig28.....	55
Tableau 18 Coordonnées des espèces végétales qui expliquent les axes de l'ACP Fig29.....	56

Tables des photos

Photo 1 <i>Ocypus olens</i> , 2014.....	19
Photo 2 <i>Bombus pascuorum</i> (Virginie Artus, 2014)	20
Photo 3 <i>Eristalis</i> sp. (Tiphaine Rochaix, 2014).....	20
Photo 4 <i>Aglais urticae</i> , Petite tortue (Virginie Artus, 2014)	21
Photos 5 et 6 Piège Barber (Virginie Artus, 2014).	22
Photo 7 Filet fauchoir	24
Photo 8 et 9 Diversité végétale : différence entre deux bandes enherbées (BE10 à gauche et BE11 à droite) Virginie Artus, 2014	49

Table des matières

Financeurs	3
Remerciements	4
Sommaire	5
Présentation structure d'accueil	6
Introduction	7
Etat de l'art : diversité entomologique et agriculture	10
 Chapitre 1 Problématique et hypothèses	 13
 1.1 Contexte de l'étude.	 14
 1.2 Problématique, objectifs et hypothèses de l'étude	 14
1.2.1 Problématique et hypothèses	15
1.2.2 Objectifs, tâches et missions	15
 Chapitre 2 Récolte des données et méthodes d'échantillonnage	 17
 2.1 Quels sont les taxons retenus pour l'étude ?	 18
2.1.1 Les insectes « auxiliaires des culture »	18
2.1.1.1 Groupe des coléoptères	18
2.1.1.1.1 Famille des carabidae	18
2.1.1.1.2 Famille des staphylinidae	19
2.1.1.1.3 Famille des coccinellidae	19
2.1.1.2 Famille des Apidae (Groupe des hyménoptères)	20
2.1.1.2 Famille des Syrphidae (Groupe des diptères)	20
 2.1.2 Les insectes à valeur patrimoniale	 21
2.1.2.1 Sous-groupe des rhopalocères	21
2.1.2.2 Groupe des odonates	21
 2.2 Protocoles et paramètres des inventaires	 22
 2.2.1 Piégeage de l'entomofaune terricole (Carabidae, staphylinidae) : le piège Barber	 22
2.2.1.1 Choix du piège	22

2.2.1.2 Matériel et pose des pièges	23
2.2.1.3 Relevé et détermination des individus	23
2.2.1.4 Paramètres des relevés Barber	23
2.2.2 Protocole d'échantillonnage de l'entomofaune de la strate herbacée : filet fauchoir	24
2.2.2.1 Technique d'échantillonnage	24
2.2.2.2 Tri, identification et nomenclature des spécimens	24
2.2.2.3 Paramètres des relevés « fauchoir »	24
2.2.3 Protocole d'échantillonnage de l'entomofaune volante : chasse à vue	24
2.2.3.1 Technique d'échantillonnage	24
2.2.3.2 Tri, identification et nomenclature des spécimens	25
2.2.3.3 Paramètre des relevés « volants »	25
2.2.4 Protocole de relevé botanique	26
2.2.4.1 Technique d'échantillonnage	26
2.2.4.2 Tri, identification et nomenclature des spécimens	26
2.3 Echantillonnage et localisation des transects	27
2.3.1 Paramètres de localisation des transects	27
2.3.2 Prise en compte des contraintes du terrain	27
Chapitre 3 Résultats des tests statistiques	28
3.1 Validation de la robustesse d'échantillonnage	29
3.1.1 Inventaire des pièges Barber	29
3.1.1.1 Test des paramètres	29
3.1.1.1.1 Nombre de pièges	29
3.1.1.1.2 Effet de la session	30
3.1.1.2 Transects minimum nécessaires pour l'inventaire Barber	31
3.1.2 Inventaire au filet fauchoir	31
3.1.2.1 Effet de la session	32
3.1.2.2 Combien de transects au minimum pour chacune des deux dernières sessions ?	32
3.1.3 Inventaire des insectes volants	33
3.1.3.1 Effet de la session	33
3.1.3.2 Combien de transects au minimum pour les inventaires d'insectes volants ?	34

3.2 Biodiversité entomologique présente sur le territoire	35
3.2.1 Diversité spécifique et abondance, comparaison entre les modalités : bandes enherbées et prairies	35
3.2.2 Dimension temporelle de la biodiversité entomologique	37
3.2.2.1 Effet de la session sur la présence les espèces	37
3.2.2.2 Evolution temporelle des 3 espèces les plus abondantes	39
3.3 La diversité des carabidae	39
3.3.1 ... en lien avec la hauteur et couverture floristique	39
3.3.2 ... en lien avec la fauche de la bande enherbée	40
3.3.3 ... en lien avec l'occupation du sol	40
3.3.4 ... en lien avec le type de site et de pratique agricole	42
3.4 La diversité des insectes volants	43
3.4.1 ... en lien avec la hauteur et couverture floristique	43
3.4.2 ... en lien avec les paramètres météorologiques	44
3.4.3 ... en lien avec la fauche de la bande enherbée	44
3.4.4 ... en lien avec l'occupation du sol	44
3.4.5 ... en lien avec le type de site et de pratique agricole	46
3.5 La diversité végétale	47
Chapitre 4 : Discussions, limites de la méthode et perspectives	50
4.1 Quelle composition végétale pour quel groupe d'insectes ?	51
4.1.1 Bandes fleuries : pollinisateurs et autres volants	51
4.1.2 Bandes à graminées pour les carabidae	56
4.2 Quel mode de gestion de la bande enherbée pour valoriser la biodiversité entomologique ?	57
4.3 Les limites de l'étude	58
4.3.1 Limites du protocole « pièges Barber »	58
4.3.2 Limites du protocole « filet fauchoir »	58
4.3.3 Limites du protocole « chasse à vue »	58
4.3.4 Limites du protocole d'inventaire botanique	58
4.3.5 Détermination des espèces	58
4.4 Perspectives et poursuite de l'étude	59

Conclusion	60
Bibliographie	62
Webographie.....	68
Glossaire.....	69
Table des figures (cartes, graphiques, schéma).....	70
Table des tableaux	71
Table des photos	71
Table des annexes	77

Table des annexes

1) Réglementation sur les bandes enherbées (PAC) :

La généralisation des bandes enherbées le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2), réflexion sur l'impact et la mise en œuvre de cette disposition Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable, CGEDD n° 006597-01. **(5 pages)**

2) Cartes des stations avec le nombre transects des 4 secteurs (4 pages)

3) Calendrier des inventaires (2 pages)

4) Classification des taxons ciblés (1 page)

5) Listes des espèces entomologiques observées sur le territoire (2 pages)

6) Graphiques des abondances par espèces des taxons ciblés (1 page)

7) Présentation des Carabidae (3 pages)

8) Cartes du nombre d'espèces par transects des 4 secteurs (4 pages)

9) Méthodologie des traitements cartographiques (3 pages)

10) Cartes de l'occupation du sol de BE10_T1 et BE3_T1 (2 pages)

11) Résultats des commandes de stepAIC (GLM) des espèces entomologiques (3 pages)

12) Analyse des Composantes Principales (Hyménoptères et Rhopalocères) (1 page)

13) Listes des espèces végétales (3 pages)

14) Groupements phytosociologiques présents sur les stations inventoriées (1 page)

15) Cartes de l'abondance des groupements phytosociologiques par stations (4pages)

II – LE RECOURS AUX BANDES ENHERBÉES AVANT LA MISE EN PLACE DU DISPOSITIF GRENELLE

Le but de ce paragraphe est de rappeler les différentes grandes étapes de nature incitative ou réglementaire relatives à l'utilisation des bandes enherbées le long des cours d'eau, comme outils de préservation de la qualité des eaux.

Avant 2005, l'introduction des mesures agri-environnementales (MAE)

- elles sont instituées par le règlement 2078/92 du 30 juin 1992, et commencent aussitôt à être mises en œuvre par le biais d'opérations territorialisées ponctuelles (opérations locales agri-environnementales, ou OLAE), comme par exemple celle concernant le bassin d'Auradé (Gers) ;
- ensuite, de façon plus systématique, via le volet environnemental des contrats territoriaux d'exploitation (CTE) puis des contrats d'agriculture durable (CAD) dans le cadre du PDRN. Les catalogues régionaux des mesures agro-environnementales (MAE), appelés aussi « synthèse agro-environnementale régionale », dérivés du catalogue national, comportent à cet effet plusieurs mesures de reconversion de terres cultivées en herbage, qui ont notamment pu être utilisées pour des actions relatives à la mise en place de bandes enherbées.
- il faut signaler que ces MAE «bandes enherbées» ont été réintroduites dans l'actuel PDRH pour la continuité d'opérations territorialisées. On remarquera cependant que la possibilité de recourir, le long des cours d'eau, à cette mesure volontaire contre dédommagement financier se réduit au fur et à mesure que l'obligation réglementaire de la mettre en œuvre s'étend : conditionnalité, programme d'action en zone vulnérable (cf. infra). En général, les MAE portent sur la mise en place de bandes tampons sur l'ensemble d'un bassin versant sensible, s'inspirant des recommandations du CORPEN (voir I). Le long des cours d'eau, elles peuvent porter sur une généralisation au delà des obligations précitées ou sur des largeurs supérieures.

2005, la conditionnalité au titre de la politique agricole commune (PAC)

Le règlement 1782/2003 imposait aux agriculteurs percevant des « aides PAC » de respecter :

- d'une part, des principales dispositions réglementaires d'application des directives communautaires dans différents domaines (environnement, santé des animaux...), il s'agit de la conditionnalité proprement dite ;
- d'autre part, des bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE), dont le règlement en son article 5 et son annexe IV donne un cadre assez large, laissant aux États membres le soin de préciser les mesures en fonction des conditions locales.

On notera que parmi les thèmes figurant dans cette annexe IV ne figure pas la qualité de l'eau, ni ne figurent les bandes enherbées au titre des normes. L'érosion des sols y figure.

Dans ce cadre, et en référence au thème «érosion des sols», la France a choisi la mise en place de bandes enherbées dans le cadre plus large de l'obligation d'installer une surface de couvert environnemental (SCE), qu'elle a instaurée dès 2005 (articles D. 615-46 du code rural³, arrêtés du 1^{er} janvier 2005, puis du 31 juillet 2006), pour toutes les exploitations percevant des aides PAC, sauf les petits producteurs.

Ce dispositif a été appliqué depuis 2005 jusqu'à nos jours (conditionnalité 2009) sans grandes modifications d'une année sur l'autre selon les règles suivantes :

- ◆ Les exploitations recevant des aides soumises à la conditionnalité⁴ consacrent 3% de leur surface en grande culture⁵ à la mise en place d'un couvert environnemental (SCE).
- ◆ Les «petits producteurs» (moins de l'équivalent de 92 tonnes de céréales) sont dispensés de l'obligation SCE.
- ◆ La SCE est en priorité placée le long des cours d'eau sous forme de bandes enherbées d'une surface minimale de 0.05 ha et d'une largeur d'au moins 5 mètres; cette largeur pouvant atteindre 10 mètres, voire 20 mètres si particularité locale.
- ◆ Les parcelles de plus de 5 mètres de large, en culture pérenne ou pluriannuelle, en friches ou boisées, bordant un cours d'eau, ne sont pas concernées par l'obligation de bande enherbée.
- ◆ La largeur des chemins, des lignes d'arbres, des surfaces en friches et des bandes boisées et buissonnantes de moins de 5 mètres situés le long des cours d'eau se déduit de la largeur de la bande enherbée à mettre en place.
- ◆ La superficie des lignes d'arbres, des bandes en friches et des bandes boisées et buissonnantes de moins de 5 mètres de large est considérée comme SCE.
- ◆ Le cas échéant, une fois satisfaite l'obligation des bandes enherbées le long des cours d'eau, la SCE excédentaire est localisée de façon pertinente sur le reste de l'exploitation.
- ◆ Les espèces constituant le couvert végétal doivent être choisies dans une liste positive publiée par arrêté ministériel.
- ◆ L'utilisation de la SCE pour l'entreposage de matériel agricole ou d'irrigation et pour le stockage des produits et des sous produits de récolte est interdit.
- ◆ L'utilisation de fertilisants minéraux ou organiques ainsi que de pesticides chimiques sur la SCE est interdite.

³ Article résultant du décret du 23 décembre 2004 et de décrets ultérieurs (19 avril 2005, 25 novembre 2005, 31 juillet 2006, 29 novembre 2007, 13 novembre 2008 et enfin du 30 avril 2009 qui a procédé à sa réécriture en application du règlement (CE) n° 73 / 2009 du Conseil du 19 janvier 2009 établissant des règles communes pour les régimes de soutien direct en faveur des agriculteurs dans le cadre de la politique agricole commune et abrogeant le règlement (CE) n° 1782 / 2003 et ses textes d'application.

⁴ Les aides soumises à la conditionnalité couvrent les aides du premier pilier, les aides à la restructuration et à la reconversion des vignobles versées en 2008 et certaines aides de développement rural [indemnités compensatoires de handicaps naturels (ICHN), mesures agro-environnementales (MAE) pour les engagements souscrits à partir de 2007, aide au boisement des terres agricoles, paiements sylvo-environnementaux].

⁵ De façon plus précise : 3/97^{ème} de surfaces implantées en COP + lin + chanvre + betteraves sucrières + chicorée à inuline + pommes de terre féculières + légumineuses à grain + fourrages déshydratés + semences fourragères + semences pouvant bénéficier d'une aide couplée + tabac + tomates destinées à la transformation + cultures industrielles annuelles sous contrat.

◆ Les cours d'eau à border que l'on désignera sous le terme «cours d'eau BCAE» sont :

- les cours d'eau figurant en trait bleu plein sur les cartes IGN au 1/25 000ème les plus récentes du département, sauf les canaux de drainage ou d'irrigation qui sont exclus par arrêté préfectoral dans les zones d'aménagement hydraulique, polders et zones d'irrigation ;
- et les cours d'eau complémentaires listés par un arrêté préfectoral ou, depuis 2007, en l'absence de liste complémentaire, les cours d'eau en trait bleu pointillé et portant un nom sur les cartes IGN au 1/25000ème les plus récentes du département.

On remarquera notamment que ce dispositif ne permet pas d'assurer systématiquement la protection de tous les cours d'eau car, outre que les petits producteurs en soient dispensés :

- tous les cours d'eau ne sont pas forcément retenus comme étant des «cours d'eau BCAE» ;
- à l'échelle de l'exploitation, les bandes enherbées ne s'appliquent que dans la limite des 3% des surfaces SCOP, ce qui peut conduire à laisser des portions de cours d'eau BCAE non protégées... ;
- enfin, il existe une dérogation pour les cultures permanentes ou pluriannuelles.

On notera enfin que les plans d'eau ne sont pas explicitement mentionnés par les textes sur la conditionnalité qui n'emploient que les termes «cours d'eau».

Cependant, pour tous les praticiens interrogés par la mission, il est évident que les bandes enherbées ne doivent pas s'interrompre là où le cours d'eau BCAE traverse un plan d'eau.

2009, le 4^{ème} programme nitrate en zone vulnérable

L'élaboration du 4^{ème} programme d'action a été lancée par la circulaire MAP/MEEDDAT du 26 mars 2008. La procédure prévoyait que, dans chaque département, ce 4^{ème} programme soit bouclé au plus tard le 30 juin 2009 (arrêtés préfectoraux).

Conformément à la directive nitrate 91/676/CEE, outre les mesures obligatoires, les programmes d'action peuvent contenir des mesures supplémentaires à l'initiative des États membres, notamment en ce qui concerne la gestion des terres au titre du code des bonnes pratiques agricoles défini dans l'annexe II de la directive. Cette possibilité a été reprise au titre de la transposition dans l'article R 211- 81 du code de l'environnement.

C'est au regard de ces dispositions que, en France, le 4^{ème} programme doit comporter 2 mesures nouvelles, comme l'indique la circulaire :

«Le programme d'action au titre de la directive nitrates constitue un outil réglementaire majeur pour atteindre les objectifs de la directive cadre sur l'eau en matière de nitrates d'origine agricole.

En conséquence, en application du point 7 du paragraphe IV de l'article R. 211-81, vous complétez les mesures actuelles du programme d'action par les deux mesures suivantes applicables à la totalité des zones vulnérables :

- ✓ une mesure d'implantation d'une bande enherbée ou boisée permanente le long de tous les cours d'eau. Afin de compléter le dispositif mis en place dans le cadre des bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE) au titre de la

conditionnalité des aides de la Politique agricole commune, l'implantation d'une bande enherbée ou boisée d'une largeur minimale de 5 m, est obligatoire le long de tous les cours d'eau définis au titre des BCAE. Cette mesure contribuera à assurer la continuité de la protection des cours d'eau.

- ✓ *une mesure de couverture des sols pendant la période de risque de lessivage. Compte tenu de l'efficacité environnementale reconnue de la couverture des ...».*

Le 4^{ème} programme est donc conçu comme portant l'extension de la conditionnalité aux exploitations situées en zones vulnérables qui :

- soit en étaient dispensées (petits producteurs et/ou producteurs ne percevant pas d'aide soumise à la conditionnalité) ;
- soit n'étaient pas en mesure de border la totalité de leur linéaire de cours d'eau du fait du manque de surface SCE, générée par la règle des 3%.

À partir de 2010, l'application des dispositions résultant du bilan de santé de la PAC

Le règlement 73/2009 du 19 janvier 2009⁶, qui abroge et remplace le règlement 1782/2003, apporte une modification importante en matière de BCAE avec, dans son annexe III, l'identification d'un thème spécifique à l'eau : «protection et gestion de l'eau», thème assorti de normes obligatoires, dont les bandes tampons le long des cours d'eau ; étant précisé que ces bandes tampons doivent respecter, y compris à l'extérieur des zones vulnérables, les exigences définies dans les programmes d'action relatifs aux zones vulnérables.

Cette disposition peut entrer en vigueur dès le 01/01/2010. La date limite d'application effective est fixée au 01/01/2012.

En France, l'année 2009 aura été mise à profit pour conduire une réflexion quant aux modalités d'application de ce «nouveau» dispositif à partir de 2010. Pour l'année 2009 elle-même l'article D. 615-46 modifié par le décret du 30 avril 2009 et l'arrêté du même jour du ministre chargé de l'agriculture, tout en visant désormais le règlement 73-2009, maintiennent tout naturellement le dispositif antérieur, à quelques détails près.

Pour 2010, selon la note PAC/2009/05 «Conditionnalité» Campagne 2010 – BCAE «bandes tampons et ZNT» du 16 juin 2009 de la DGPAAT (annexe 4), les dispositions suivantes seraient applicables (la mission utilise le conditionnel pour parler de ce dispositif, dans l'attente des textes correspondants, annoncés à paraître dans les prochaines semaines à la fin mars 2010) :

- ◆ Suppression du dispositif actuel de SCE (et des bandes enherbées correspondantes) et mise en place progressive du nouveau dispositif des «bandes tampons».
- ◆ Implantation le long de tous les cours d'eau BCAE (la définition de 2009 serait maintenue) d'une bande tampon, enherbée ou boisée, de 5 mètres de large.
- ◆ Suppression de la dérogation «petits producteurs».
- ◆ Pour les cultures pérennes en place, obligation d'enherber complètement le bord de la parcelle sur 5 mètres de large, sans arrachage.
- ◆ Interdiction de traitement phytopharmaceutique et de fertilisation organique ou minérale sur les 5 mètres de bande enherbée, boisée ou en culture pérenne enherbée.

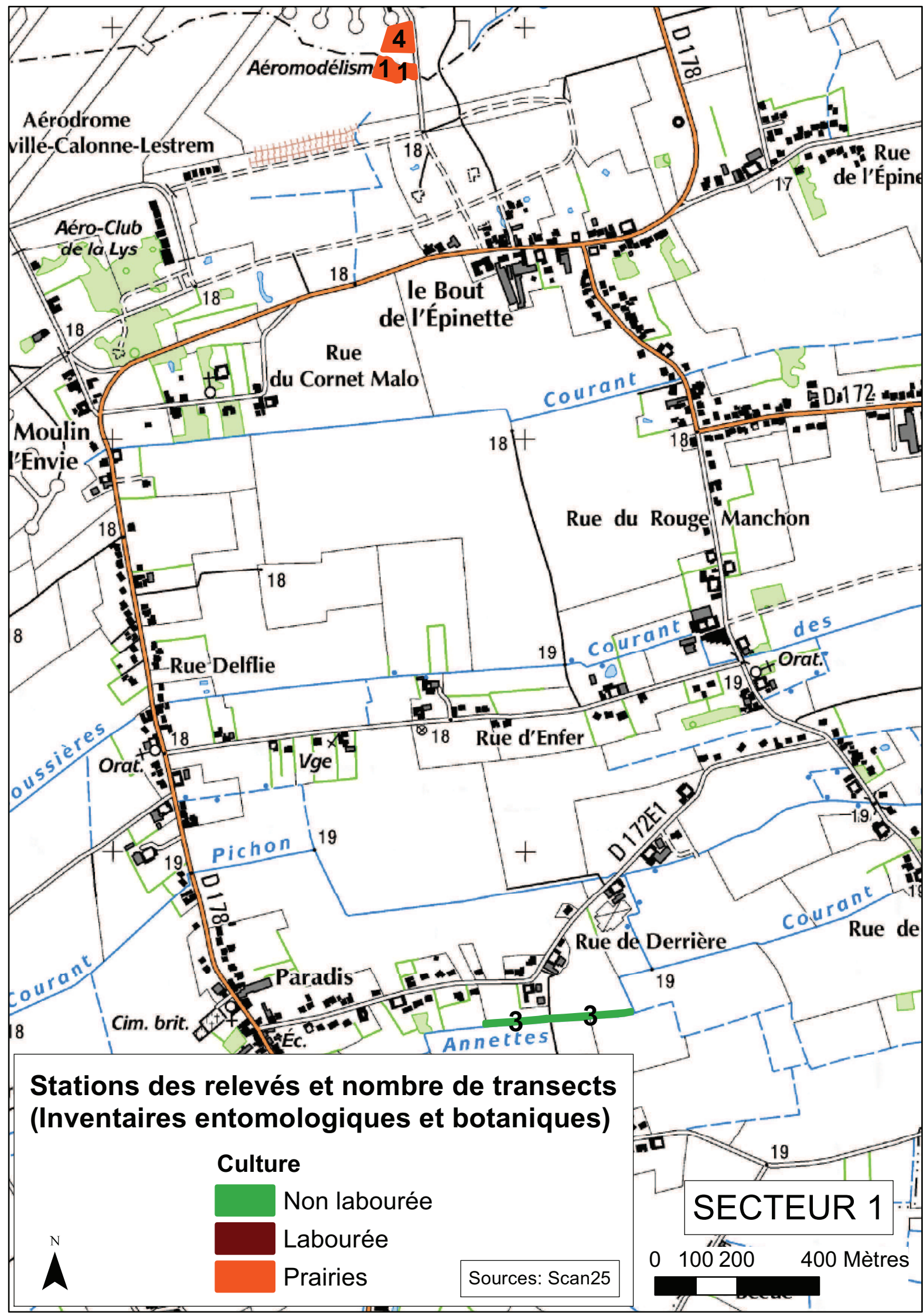
⁶ L'article 6 définit les BCAE et renvoie à l'annexe III, l'article 149 précise les dates d'entrée en vigueur des BCAE.

- ◆ Maintien dans la conditionnalité du renforcement des exigences existant au niveau départemental (plus grande largeur des bandes tampon...).

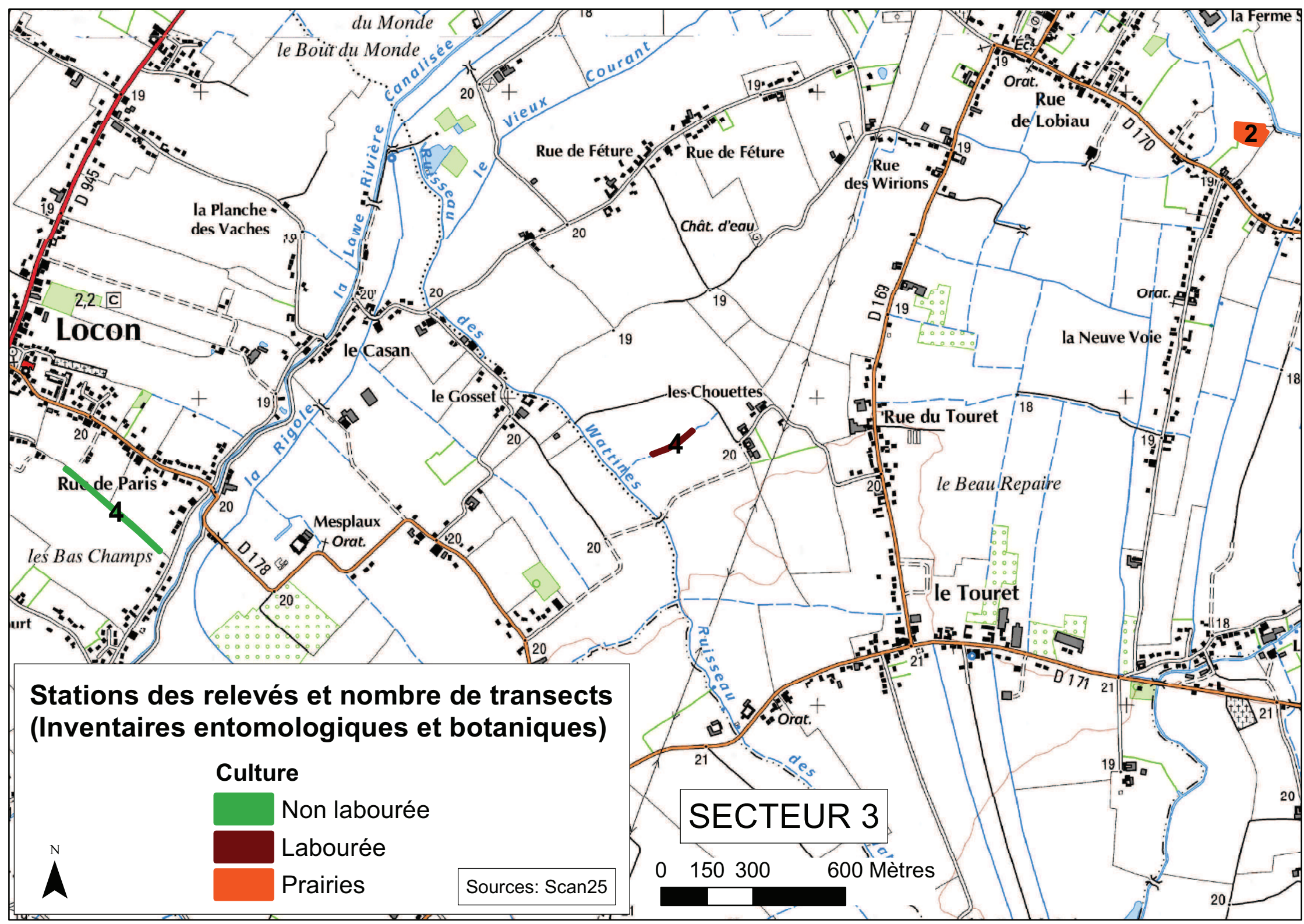
Les bandes tampons le long des cours d'eau seraient par ailleurs comptabilisées au titre du thème : «niveau minimal d'entretien : assurer un niveau minimal d'entretien et éviter la détérioration des habitats» et de la norme obligatoire : «maintenir les particularités topographiques, y compris le cas échéant, les haies, étangs, fossés, alignements d'arbre, en groupe ou isolés, et bordures de champs», à appliquer dès 2010, mais non encore repris dans le code rural.

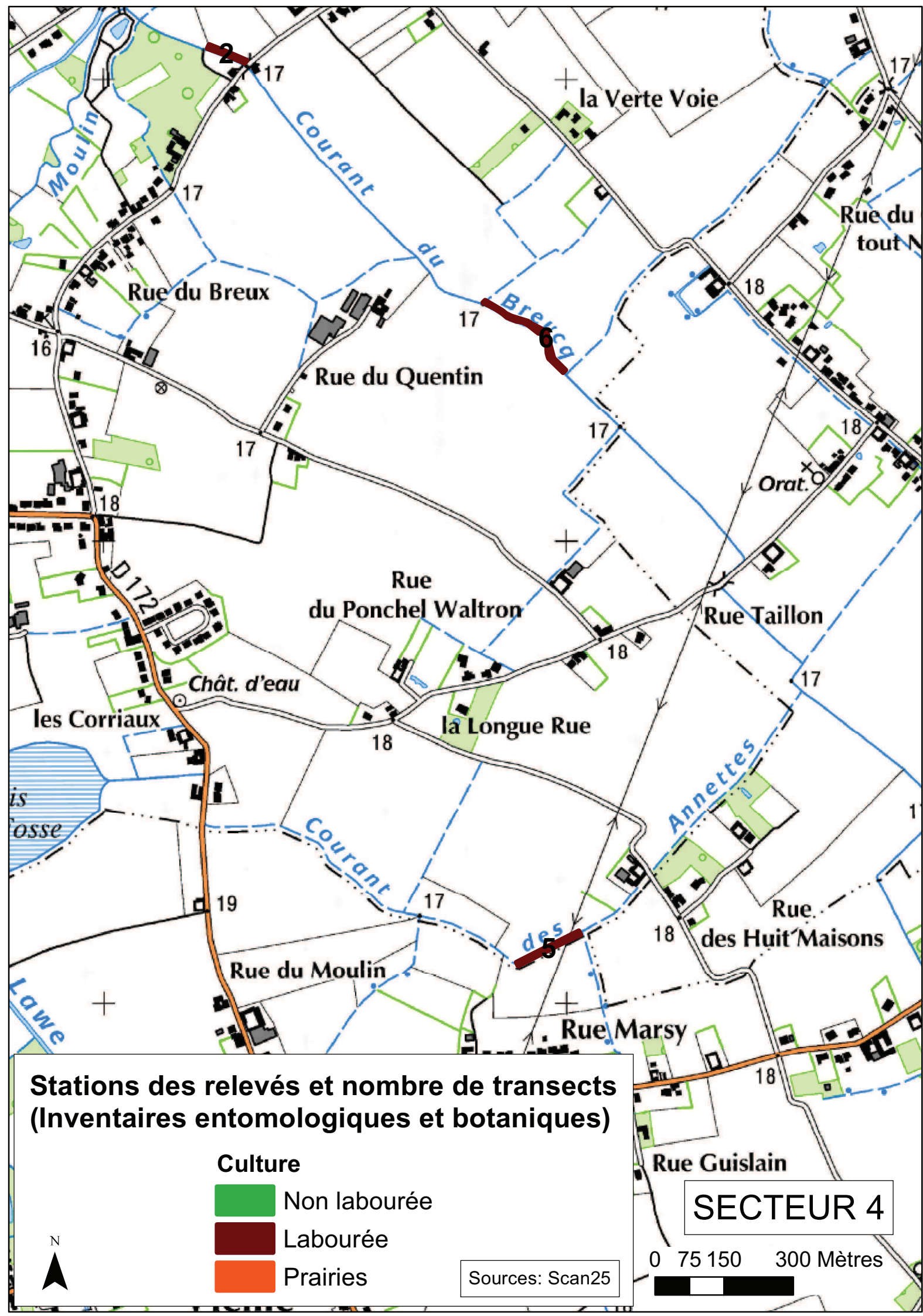
En résumé, on constate que dans un but de protection et/ou d'amélioration de la qualité des eaux (et de lutte contre l'érosion des sols), le système des bandes enherbées, maintenant appelé «bandes tampons» car élargi aux bandes boisées, serait ainsi progressivement complété et étendu puisqu'il s'appliquerait désormais :

- à l'ensemble des exploitations agricoles percevant des aides PAC, sans exception ;
- et à l'ensemble des parcelles sur ces exploitations (y compris les cultures pérennes et pluriannuelles).









[illegible]

INSECTES

COLEOPTERES



CARABIDAE

RHOPALOCERES



DIPTERES



SYRPHIDAE

HYMENOPTERES



APIS

HETEROPTERES



ODONATE



NEUROPTERES



COCCINELLIDAE



BOMBUS



STAPHYLINIDAE

Classification des taxons d'insectes étudiés

Classe

Groupe

Famille

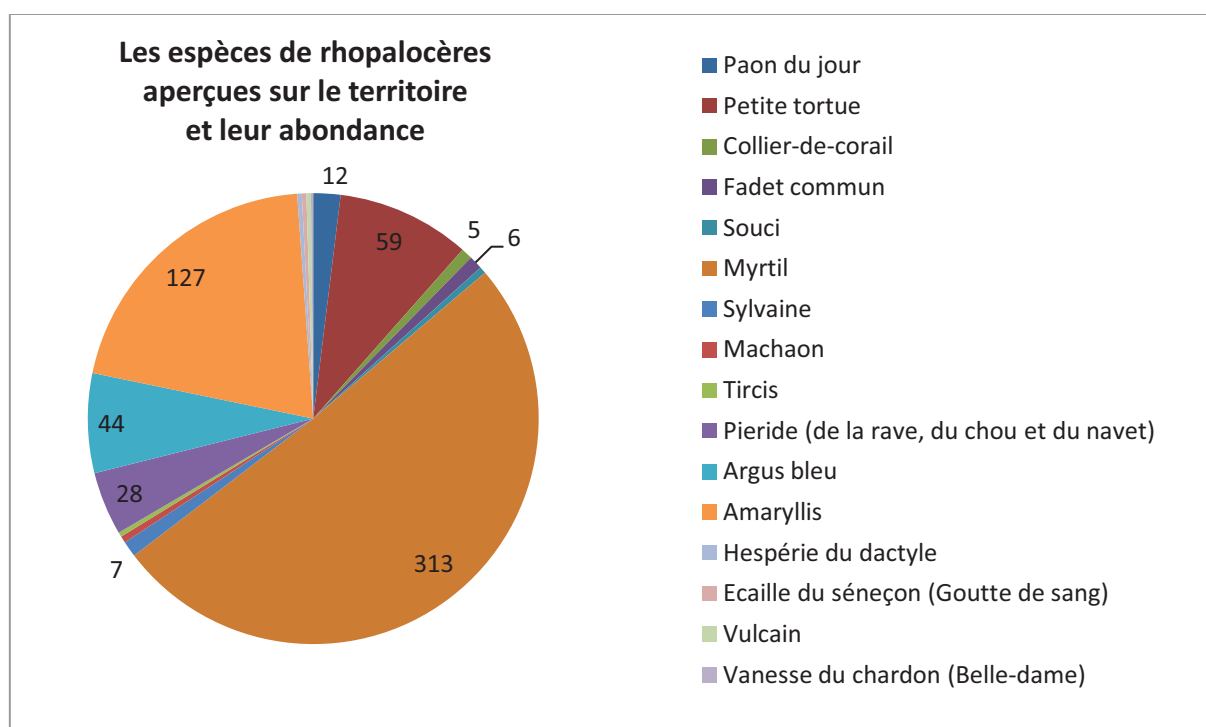
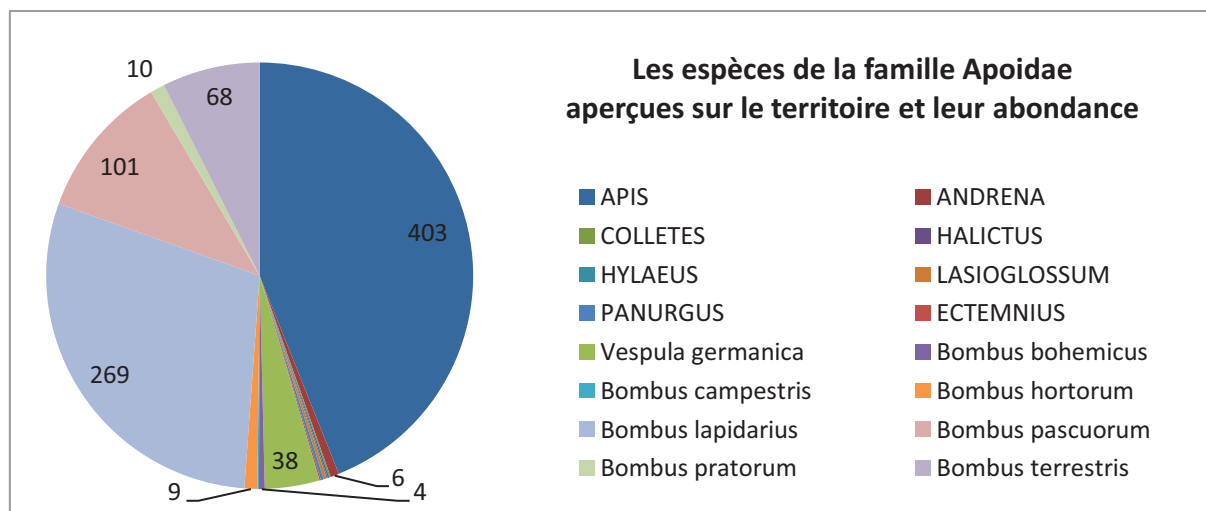
Genre

Annexe 5 Listes des espèces entomologiques observées






Carabidae		Syrphidae	
<i>Acupalpus meridianus</i> ACUMER	(Linnaeus, 1761)	<i>Ceriana</i> sp.	
<i>Agonum nigrum</i> AGONIG	(Dejean, 1828)	<i>Cheilosa vernalis</i> CHEVER	(Fallén, 1817)
<i>Amara aena</i> AMAEN	(De Geer, 1776)	<i>Episyrphus balteatus</i> EPIBAL	(De Geer, 1776)
<i>Amara apricaria</i> AMAAPR	(Paykull, 1790)	<i>Epistrophe</i> sp.	
<i>Amara aulica</i> AMAALC	(Panzer, 1796)	<i>Eristalis arbustorum</i> ERIARB	(Linnaeus, 1758)
<i>Amara bifrons</i> AMABIF	(Gyllenhal, 1810)	<i>Eristalis interrupta</i> ERIINT	(Poda, 1761)
<i>Amara communis</i> AMACOM	(Panzer, 1797)	<i>Eristalis pertinax</i> ERIPER	(Scopoli, 1763)
<i>Amara consularis</i> AMACONS	(Duftschmid, 1812)	<i>Eristalis tenax</i> ERITEN	(Linnaeus, 1758)
<i>Amara convexior</i> AMACONV	(Stephen, 1828)	<i>Eristalinus sepulchralis</i> ERISEP	(Linnaeus, 1758)
<i>Amara familiaris</i> AMAFAM	(Duftschmid, 1812)	<i>Eumerus strigatus</i> EUMSTR	(Fallén, 1817)
<i>Amara lucida</i> AMALUC	(Duftschmid, 1812)	<i>Eupeodes latifasciatus</i> EUPLAT	(Macquart, 1829)
<i>Amara lunicollis</i> AMALUN	(Schiödt, 1837)	<i>Helophilus pendulus</i> HELPEN	(Linnaeus, 1758)
<i>Amara montivaga</i> AMAMON	(Sturm, 1825)	<i>Helophilus trivittatus</i> HELTRI	(Fabricius, 1805)
<i>Amara ovata</i> AMAOVA	(Fabricius, 1792)	<i>Melanostoma mellinum</i> MELMEL	
<i>Amara plebeja</i> AMAPLE	(Gyllenhal, 1810)	<i>Melanostoma scalare</i> MELSCA	(Fabricius, 1794)
<i>Amara similata</i> AMASIM	(Gyllenhal, 1810)	<i>Merodon equestris</i> MEREQU	(Fabricius, 1794)
<i>Anchomenus dorsalis</i> AMADOR	(Pontoppidan, 1763)	<i>Platycheirus albimanus</i> PLAALB	(Fabricius, 1781)
<i>Anisodactylus binotatus</i> AMAAPR	(Fabricius, 1787)	<i>Platycheirus angustatus</i> PLAANG	(Zetterstedt, 1843)
<i>Asaphidion flavipes</i> AMAFLA	(Linnaeus, 1761)	<i>Platycheirus clypeatus</i> PLACLY	(Meigen, 1822)
<i>Badister bullatus</i> BADBUL	(Fabricius, 1792)	<i>Platycheirus manicatus</i> PLAMAN	(Meigen, 1822)
<i>Badister sodalis</i> ABDSOD	(Duftschmid, 1812)	<i>Pipiza</i> sp.	
<i>Badister unipustulatus</i> BADUNI	(Bonelli, 1813)	<i>Pipizella annulata</i> PIPANN	(Macquart, 1829)
<i>Bembidion lampros</i> BEMLAM	(Herbst, 1784)	<i>Scaeva pyrastris</i> SCAPYR	(Linnaeus, 1758)
<i>Carabus granulatus</i> CARGRA	(Linnaeus 1758)	<i>Sphaerophoria scripta</i> SPHSCR	(Linnaeus, 1758)
<i>Carabus monilis</i> CARMON	(Fabricius, 1792)	<i>Syritta pipiens</i> SYRPIP	(Linnaeus, 1758)
<i>Chlaeniellus nigricornis</i> CHLNIG	(Fabricius 1787)	<i>Syrphus ribesii</i> SYRRIB	(Linnaeus, 1758)
<i>Clivina gr. Fossor</i>	(Herbst 1784)	<i>Syrphus vitripennis</i> SYRVIT	(Meigen, 1822)
<i>Demetrias atricapillus</i> DEMATR	(Linnaeus 1758)	<i>Volucella bombylans</i> VOLBOM	(Linnaeus, 1758)
<i>Harpalus affinis</i> HARAFF	(Fabricius 1775)	<i>Xanthogramma pedissequum</i> XANPED	(Harris, 1776)
<i>Harpalus atratus</i> HARATR	(Latreille 1804)	<i>Xylota segnis</i> XYLSEG	(Linnaeus, 1758)
<i>Harpalus attenuatus</i> HARATT	(Stephens 1828)	Rhopalocères	
<i>Harpalus distinguendus</i> HARDIS	(Duftschmid 1812)	<i>Aglais io</i> AGLIO	(Linnaeus, 1758)
<i>Harpalus latus</i> HARLAT	(Linnaeus 1758)	<i>Aglais urticae</i> AGLURT	(Linnaeus, 1758)
<i>Harpalus rubripes</i> HARRUB	(Duftschmid 1812)	<i>Aricia agestis</i> ARIAGE	(Denis & Schiffermüller, 1775)
<i>Harpalus smaragdinus</i> HARSMA	(Duftschmid 1812)	<i>Coenonympha pamphilus</i> COEPAM	(Linnaeus, 1758)
<i>Harpalus tardus</i> HARTAR	(Panzer 1797)	<i>Colias croceus</i> COLCRO	(Fourcroy, 1785)


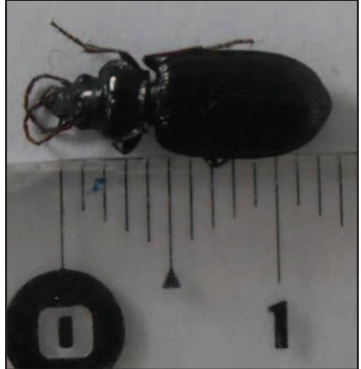


<i>Leistus ferrugineus</i> LEIFER	(Linnaeus 1758)	<i>Maniola jurtina</i> MANJUR	(Linnaeus, 1758)
<i>Leistus fulvibarbis</i> LEIFUL	(Dejean 1826)	<i>Ochlodes sylvanus</i> OCHSYL	(Esper, 1777)
<i>Leitus terminatus</i> LEITER		<i>Papilio machaon</i> PAPMAC	(Linnaeus, 1758)
<i>Loricera pilicornis</i> LORPIL	(Fabricius 1775)	<i>Pararge aegeria</i> PARAEG	(Linnaeus, 1758)
<i>Microlestes</i> sp		<i>Pieris brassicae</i> PIEBRA	(Linnaeus, 1758)
<i>Nebria brevicollis</i> NEBBRE	(Fabricius 1792)	<i>Pieris napi</i> PIENAP	(Linnaeus, 1758)
<i>Nebria salina</i> NEBSAL	(Fairmaire et Laboulbène 1854)	<i>Pieris rapae</i> PIERAP	(Linnaeus, 1758)
<i>Notiophilus aestuans</i> NOTAES	(Dejean 1826)	<i>Polyommatus icarus</i> POLICA	(Rottemburg, 1775)
<i>Notiophilus aquaticus</i> NOTAQU	(Linnaeus 1758)	<i>Pyronia tithonus</i> PYRTIT	(Linnaeus, 1771)
<i>Notiophilus biguttatus</i> NOTBIG	(Fabricius 1779)	<i>Thymelicus lineola</i> THYLIN	(Ochsenheimer, 1808)
<i>Notiophilus germinyi</i> NOTGER	(Fauvel, 1863)	<i>Tyria jacobaeae</i> TYRJAC	(Linnaeus, 1758)
<i>Notiophilus quadripunctatus</i> NOTQUA	(Dejean 1826)	<i>Vanessa atalanta</i> VANATA	(Linnaeus, 1758)
<i>Notiophilus rufipes</i> NOTRUF	(Curtis 1829)	<i>Vanessa cardui</i> VANCAR	(Linnaeus, 1758)
<i>Notiophilus substriatus</i> NOTSUB	(Waterhouse 1833)	Odonates	
<i>Ophonus ardosiacus</i> OPHARD	(Lutshnik 1922)	<i>Ischnura elegans</i> ISCELE	(Vander Linden, 1820)
<i>Ophonus pubescens</i> OPHPUB	(Müller)	<i>Sympetrum sanguineum</i> SYMSAN	(Müller, 1764)
<i>Ophonus gr.puncticeps</i> OPHPUN	(Stephens 1828)	<i>Chalcolestes viridis</i> CHAVIR	(Vander Linden, 1825)
<i>Ophonus rufibarbis</i> OPHRUFI	(Fabricius 1792)	<i>Orthetrum coerulescens</i> ORTCOE	(Fabricius, 1798)
<i>Ophonus sabulicola</i> OPHSAB	(Panzer 1796)	Hyménoptères	
<i>Oxypselaphus obscurus</i> OPHOBS	(Herbst 1784)	<i>Apis</i> sp.	
<i>Pedius longicollis</i> PEDLON	(Duftschmid 1812)	<i>Andrena</i> sp.	
<i>Platynus livens</i> PLALIV	(Gyllenhal 1810)	<i>Colletes</i> sp.	
<i>Poecilus cupreus</i> POECUP	(Linnaeus 1758)	<i>Halictus</i> sp.	
<i>Poecilus kugelanni</i> POEKUG	(Panzer 1797)	<i>Hylaeus</i> sp.	
<i>Poecilus versicolor</i> POEVER	(Sturm 1824)	<i>Lasioglossum</i> sp.	
<i>Porotachys bisucaltus</i> PORBIS	(Nicolai 1822)	<i>Panurgus</i> sp.	
<i>Pterostichus diligens</i> PTEDIL	(Sturm 1824)	<i>Ectemnius</i> sp.	
<i>Pterostichus macer</i> PTEMAC	(Marsham 1802)	<i>Vespula germanica</i> VESGER	(Fabricius, 1793)
<i>Pterostichus madidus</i> PTEMAD	(Fabricius 1775)	<i>Bombus bohemicus</i> BOMBOH	(Seidl, 1838)
<i>Pterostichus melanarius</i> PTEMEL	(Illiger 1798)	<i>Bombus campestris</i> BOMCAM	(Panzer, 1801)
<i>Pterostichus niger</i> PTENIG	(Schaller 1783)	<i>Bombus hortorum</i> BOMHOR	(Linnaeus, 1761)
<i>Pterostichus nigrita</i> PTENIG	(Paykull 1790)	<i>Bombus lapidarius</i> BOMLAP	(Linnaeus, 1758)
<i>Pterostichus ovoideus</i> PTEOVO	(Sturm 1824)	<i>Bombus pascuorum</i> BOMPAS	(Scopoli, 1763)
<i>Pterostichus strenuus</i> PTESTR	(Panzer 1797)	<i>Bombus pratorum</i> BOMPRA	(Linnaeus, 1761)
<i>Pterostichus vernalis</i> PTEVER	(Panzer 1796)	<i>Bombus terrestris</i> BOMTER	(Linnaeus, 1758)
<i>Stenolophus teutonius</i> STETEU	(Schrank 1781)		
<i>Stomis pumicatus</i> STOPUM	(Panzer 1796)		
<i>Trechus quadristriatus</i> TRAQUA	(Schrank 1781)		


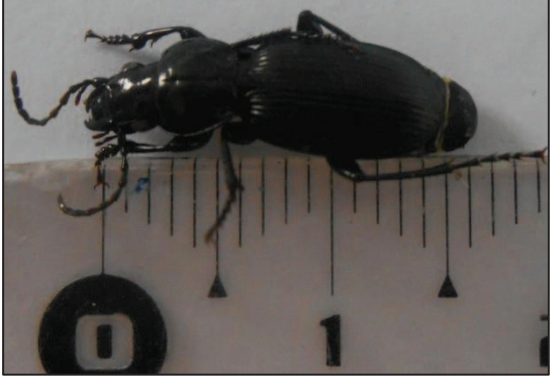

Annexe 6 Graphiques d'abondance des espèces des taxons

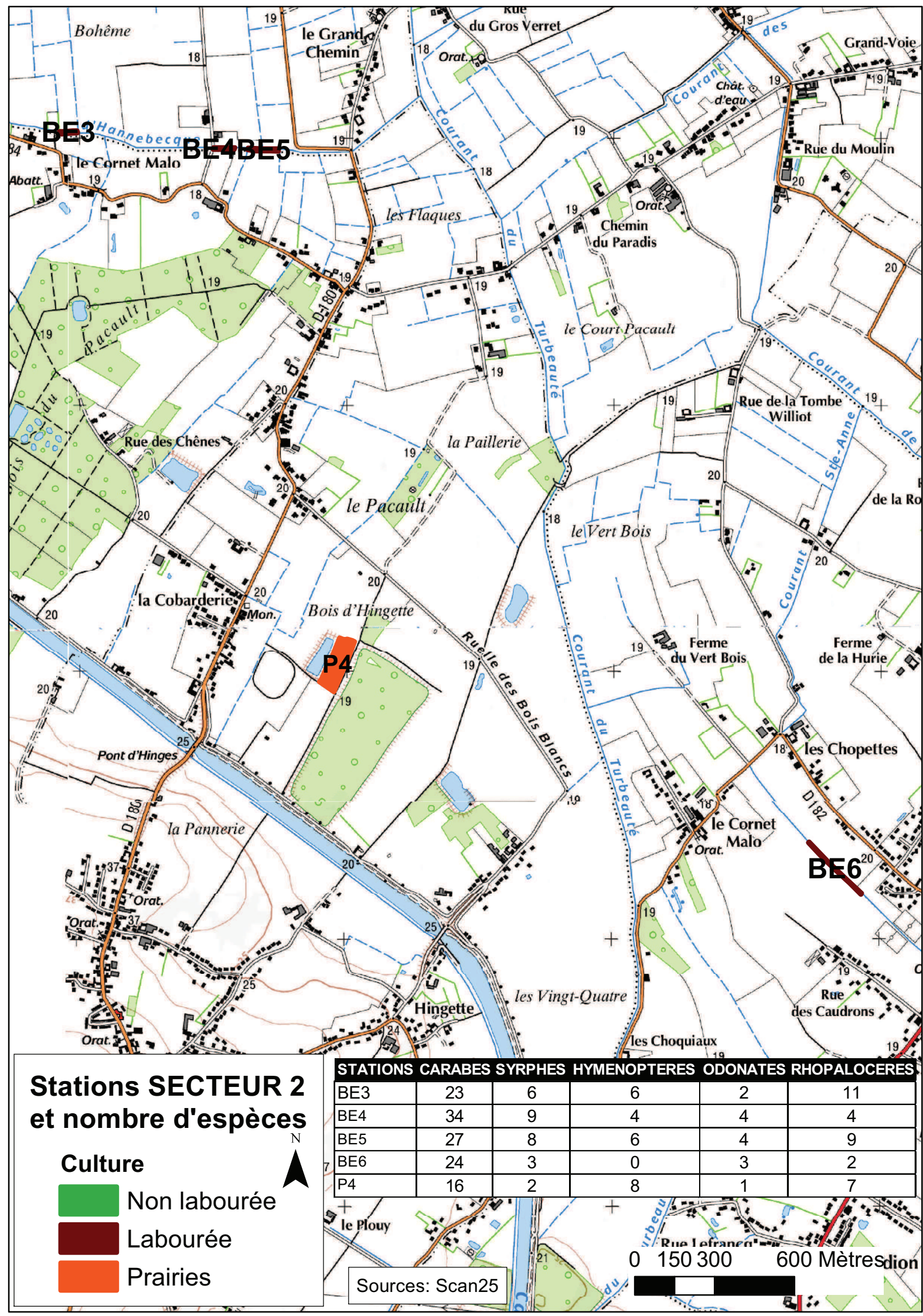


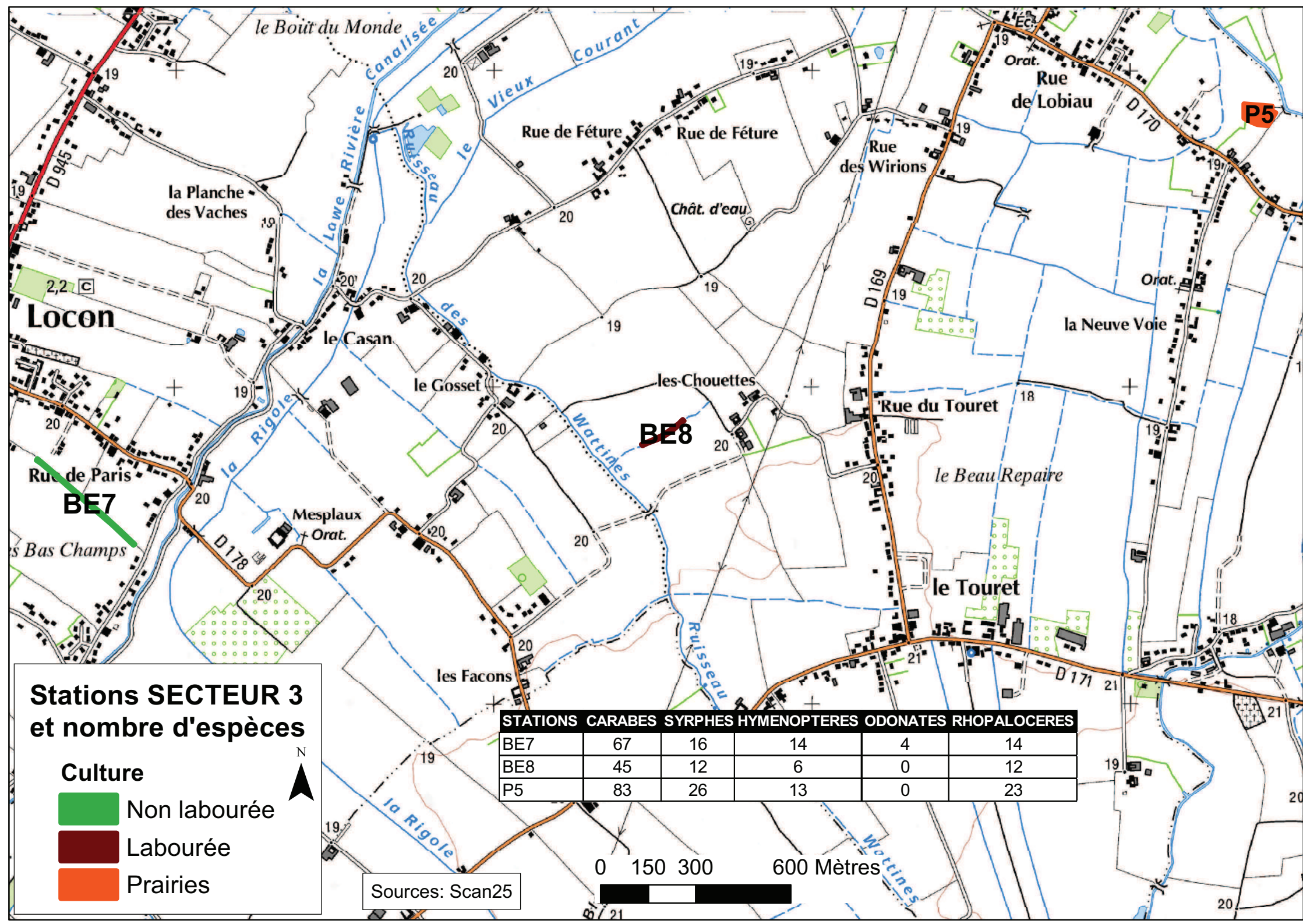
Annexe 7 Fiches Carabidae

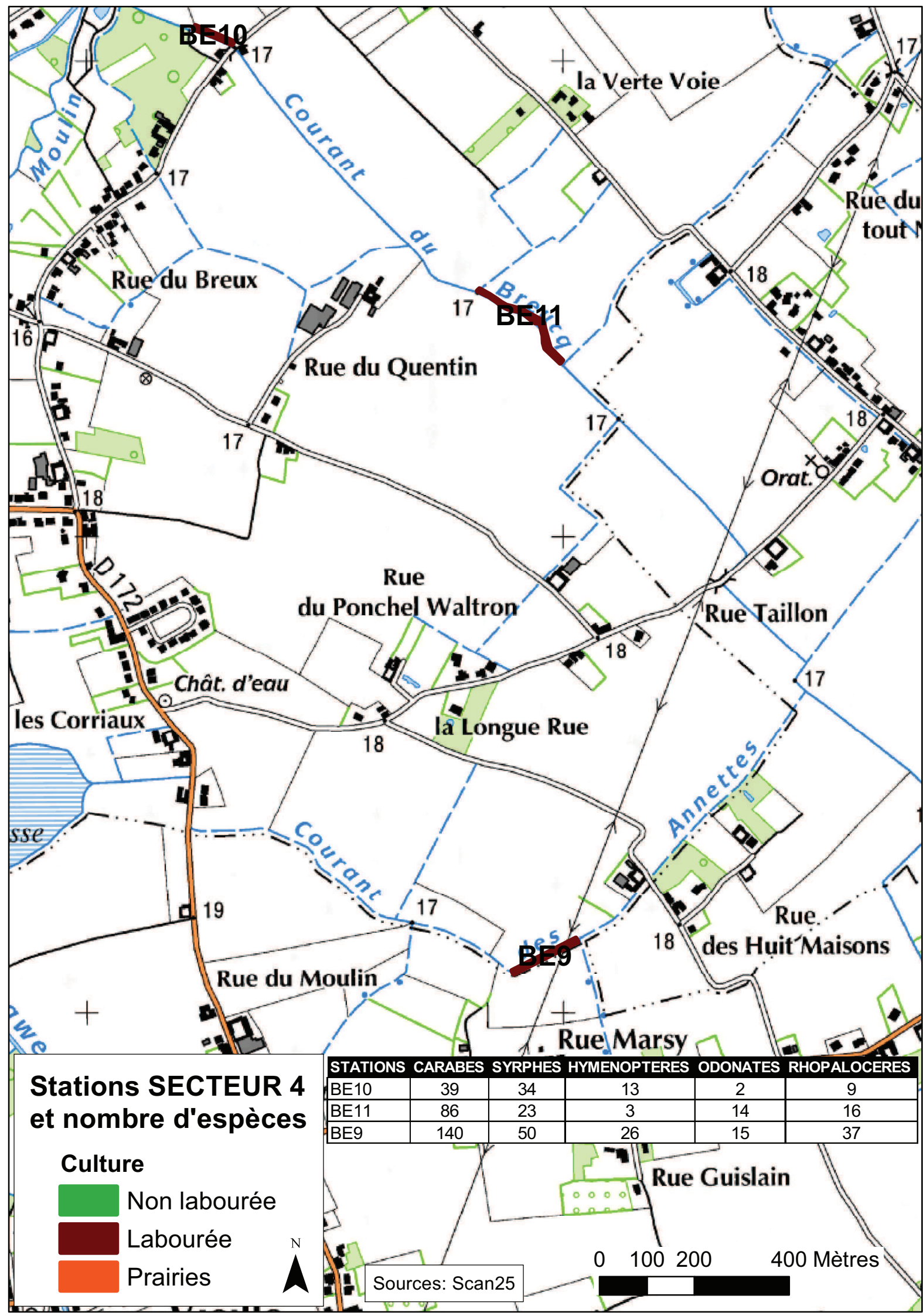
Nom	Régime alimentaire	Type d'habitat	Photo
Anchomenus dorsalis (Pontoppidan, 1763) Sous-famille Platyninae	Zoophage, polyphage. Il se nourrit de pucerons, œufs et larves de coléoptères, de diptères, de lépidoptères et de limaces.	Zones humides, dans les prés et les cultures, sous les pierres, au pieds des arbres, au bord des fossés et dans les vieilles souches.	 INS-1209
Chlaeniellus nigricornis (Fabricius, 1787) Sous-famille Harpalinae		Zones humides, au bord des fossés, amas de feuilles mortes.	
Carabus granulatus (Linnaeus, 1758) Sous-famille Carabinae	Il se nourrit de vers de terre, limaces, larves de coléoptère (doryphore), diptères.	Forêts, marécages, prairies humides, généralement près des eaux : marres, ruisseaux...	
Carabus monilis (Fabricius, 1792) Sous-famille Carabinae	Prédateur généraliste ; carnivore, chasse activement les limaces, vers de terre, larves terricoles, chenilles, pucerons, taupins, tipules...	Champs, cultures, lisières des bois, sous les meules de foin, débris végétaux et pierres. Rarement en forêt.	
Harpalus affinis (Latreille, 1802) Sous-famille Harpalinae	Espèce très omnivore. Seuls les individus en reproduction sont carnivores. Il se nourrit de larves de diptères, de fourmis, de pucerons, de céréales.	Champs, prairies et forêts, sous les pierres et débris végétaux.	 Futtureman-1109

<p>Loricera pilicornis (Fabricius 1775)</p>	<p>Les larves et les adultes consomment en particulier des diptères, des pucerons, des araignées et collemboles. Les adultes chassent en enserrant leur proie entre leurs antennes</p>	<p>Endroits frais et humides, dans les bois, champs, marécâges et aux bords des eaux. Sous les pierres et débris végétaux.</p>	
<p>Nebria brevicollis (Fabricius, 1792)</p> <p>Sous-famille Nebriinae</p>	<p>Régime alimentaire généraliste mais grand consommateur de collemboles et pucerons.</p>	<p>Endroits boisés ou découverts généralement humides, sous les pierres, mousses et débris végétaux.</p>	
<p>Ophonus ardosiatus (Lutshnik 1922)</p>			
<p>Ophonus pubescens (Müller)</p> <p>Sous-famille Harpalinae</p>	<p>Larve essentiellement consommatrice de graines.</p> <p>Les adultes sont omnivore (lombric, limace, diptère, puceron et lépidoptère). La présence de graine favorise la fécondité des femelles.</p>	<p>Haies, bandes enherbées et cultures</p>	

<p>Poecilus cupreus (Linnaeus, 1758)</p> <p>Sous-famille Pterostichinae</p>	<p>Espèce prédatrice complétant son régime alimentaire avec des végétaux. Il consomme des coléoptères, diptères, lépidoptères, homoptères, araignées et acariens. Espèce caractéristique des milieux ouverts.</p>	<p>Prés, champs, sous les pierres et les débris végétaux</p>	
<p>Pterostichus madidus (Fabricius, 1775)</p>	<p>Il se nourrit de pontes, larves, adultes, escargots, limaces, taupins</p>	<p>Bois, champs et cultures, sous les feuilles mortes, pierres et autres abris.</p>	
<p>Pterostichus melanarius (Illiger 1798)</p>	<p>Larve et adulte prédateurs. Régime alimentaire diversifié : limace, coléoptère, puceron, mouche et lépidoptère. Peut devenir nuisible si présent en trop grand nombre. Espèce ubiquiste.</p>	<p>Friches, prairies et champs, sous les pierres.</p>	







Annexe 9 Méthodologie des traitements cartographiques

Le traitement cartographique, avant les campagnes de terrain, est primordial. Il a pour but de localiser les prairies et bandes enherbées choisies et d'optimiser les trajets durant la phase de relevés terrain. Cela permet également d'estimer le nombre de transects potentiels.

De plus, un des objectifs de cette phase est de renseigner le paramètre d'occupation du sol autour des bandes enherbées et des prairies.

Données et logiciel utilisés

Pour effectuer ces traitements, il a fallu s'appuyer sur plusieurs types de données. D'une part, l'Ortho photo de 2009 et le fond IGN 1/25 000 ont été des supports nécessaires pour la localisation des secteurs. Les limites communales, l'occupation du sol de la zone d'étude ont également été utilisées. Ces données ont été fournies par le CPIE Chaînes des Terrils.

D'autre part, des données ont été créées, suite aux prospections sur le terrain. Il s'agit des couches représentant les bandes enherbées et les prairies.

Le logiciel de cartographie et traitement de données spatial choisi est Arcgis, car il est utilisé par le CPIE et facilement accessible et utilisable.

Traitement : outils et opérations

Affichage Ortho2009 et Scan25

Pour afficher ces deux rasters et les superposer il a fallu géoréférencer la couche Scan25. Pour cela, une couche « vecteur » sert de support ; il s'agit de la couche des limites communales. Des points de calage sont créés, grâce à l'outil « Géoréférencement », pour ajuster la couche par rapport aux limites communales.

Une fois les couches superposées, le scan25 est mis en transparence.

La numérisation des bandes enherbées et des prairies

A la suite des prospections de terrain, des bandes enherbées ainsi que des prairies ont été retenues. Leur localisation se fait à l'aide du fond de carte IGN (Scan25) et de l'Ortho-photo, par numérisation. Cette opération se fait en plusieurs étapes :

- ouverture d'une session d'édition,
- numérisation graphique,
- renseignements dans la table attributaire.

La table attributaire est enrichie de plusieurs champs (Tableau 1).

Tableau 1 Extrait de la structure de la table attributaire de la couche 'bandes enherbées'.

ID	Secteur	Commune	Parcelle	Nb_transects	Gestion	Fauche
7	3	locon	716_157	4	raisonnee	ND
9	4	vieille-chapelle		5	traditionnelle	
8	3	la_couture		4	traditionnelle	ND
5	2	mont-bernanchon	11_12_13	3	traditionnelle	ND
1	1	lestrem		3	raisonnee	20_mai

Ces renseignements sont indispensables pour préparer le travail de terrain, pour communiquer avec les propriétaires des parcelles concernées et pour estimer le nombre de transects sur les bandes et prairies retenues.

Occupation du sol autour des bandes enherbées et prairies

Il a été décidé de prendre en compte l'occupation du sol environnant les bandes enherbées et prairies dans les traitements statistiques. Pour cela, le SIG est indispensable. L'objectif est donc d'obtenir la part de chaque type d'occupation du sol autour de chaque bande enherbée et chaque prairie.

Création de Buffers (zones tampon)

Dans un premier temps, des buffers (Géotraitement / Zone tampon) sont créés autour de chaque entité. Il a été décidé d'appliquer un rayon de 60 mètres, ceci correspondant à la capacité de dispersion des carabes, auxiliaires de culture.

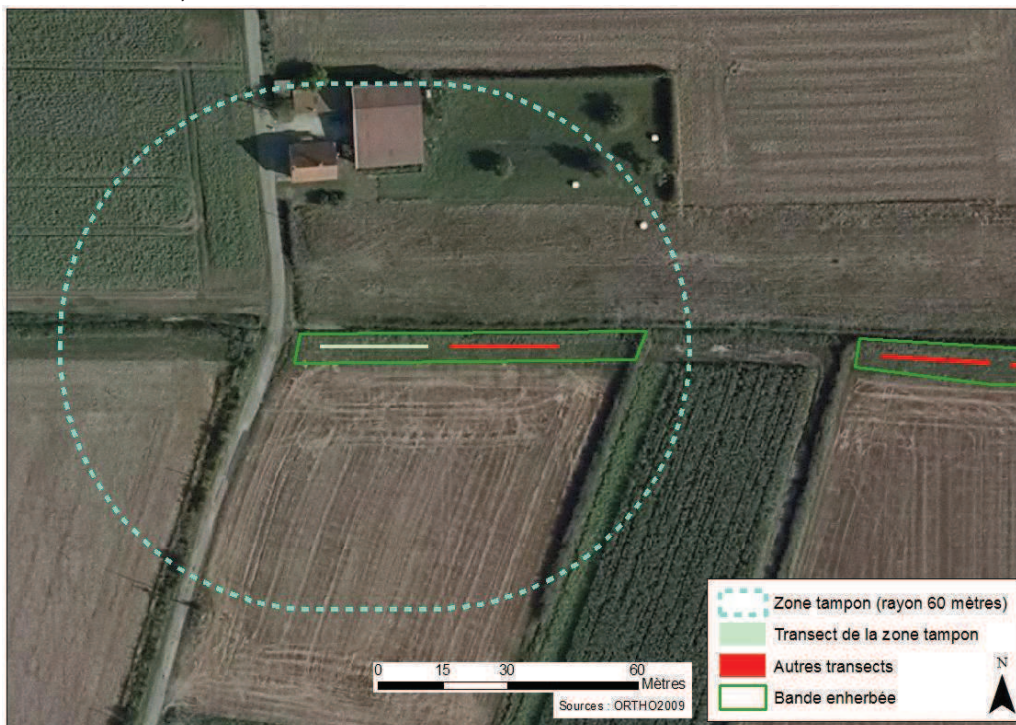


Figure 1 Application d'une zone tampon autour du transect BE4_T1, commune de Mont-Bernanchon, sur ArcGis

Enrichissement de la couche d'occupation du sol

Dans la mesure où la couche d'occupation du sol ne recouvre pas le secteur de deux des bandes enherbées ainsi que d'une prairie, il est nécessaire de l'enrichir en vectorisant à ces endroits.

Des polygones ont été créés dans les secteurs manquants, afin de compléter l'occupation du sol.

Dans un second temps, la typologie a été changée afin d'être plus adaptée à l'échelle de travail. Des classes ont été regroupées. Par exemple, les trois classes de friche (« friche arbustive », « friche arborée », « friche herbacée ») ont été rassemblées pour former une seule classe « friche ».

Des classes ont été créées.

Typologie :

- | | |
|------------|--------------------------|
| - Courants | - Prairie |
| - Cultures | - Bande enherbées |
| - Jardin | - Marre |
| - Bâti | - Haie arboricole |
| - Route | - Haie arbustive |
| - Arbre | - Plantation |
| - Bois | - Friche |
| - Chemin | - Surface artificialisée |

Intersecter

La couche d'occupation du sol est intersectée à l'aide de la couche des buffers, afin d'obtenir l'occupation du sol uniquement autour des bandes enherbées ou prairies, dans un rayon de 60 mètres. La table attributaire de cette couche est enrichie avec les champs de la couche d'occupation du sol et celle des buffers.

Fusionner

Après l'opération d'intersection, une multitude de polygones sont créés. En effet il y a des polygones par buffer, par occupation du sol.

L'opération de fusion est nécessaire dans le but de regrouper les polygones de chaque buffer en fonction du type d'occupation du sol.

Pour visualiser l'occupation du sol, il faut changer la symbologie des polygones. Dans les propriétés de la couche, rubrique « Symbologie », il faut choisir d'appliquer des couleurs par catégorie en renseignant le champ qui servira de légende (ici les catégories d'occupation du sol : « culture », « surface artificialisée » ...).

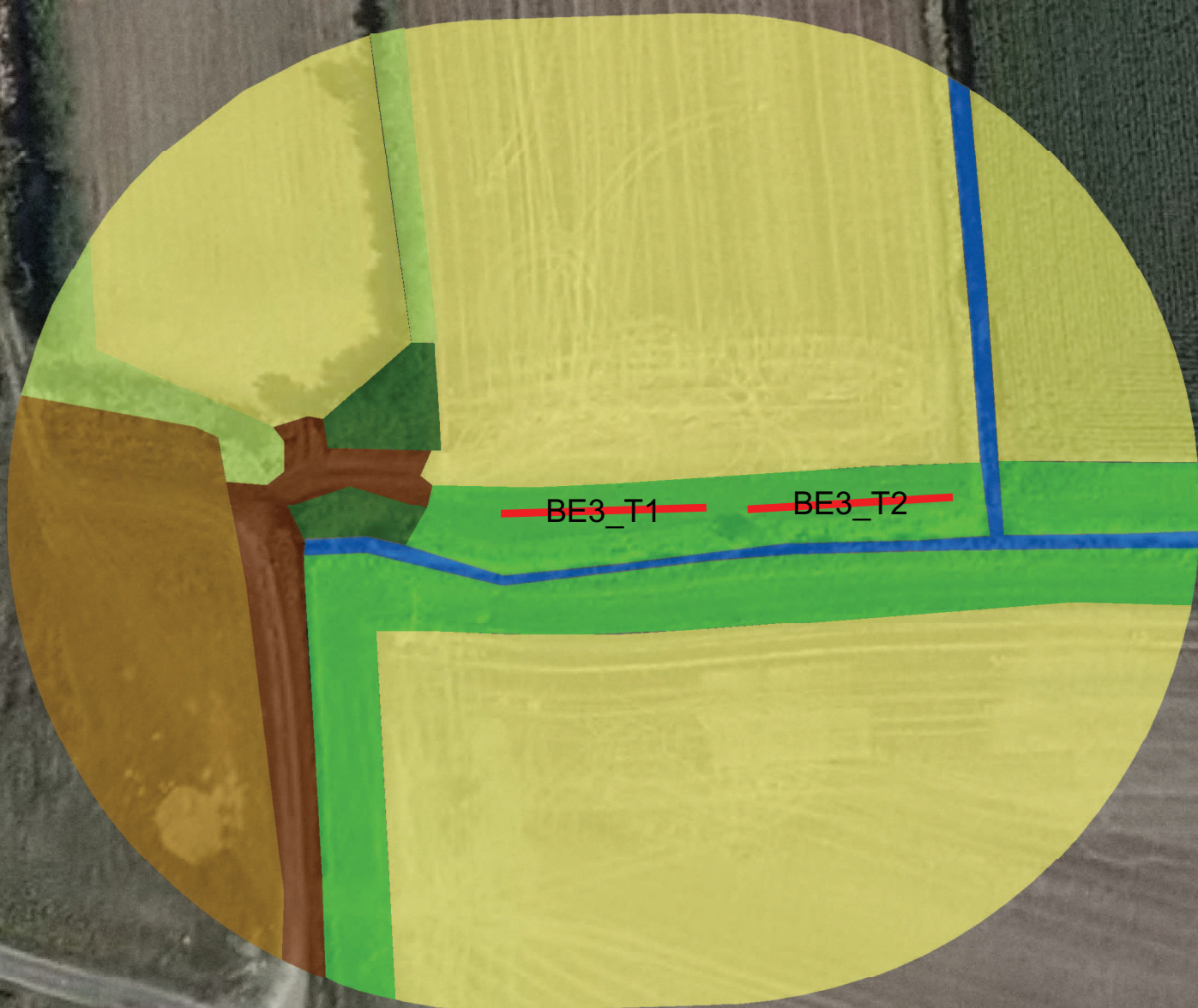
Calcul des surfaces

Un champ est rajouté avec une opération de « calcul de la géométrie » pour avoir les surfaces de chaque polygone créé. Après exportation, la table attributaire de la couche d'occupation du sol des zones tampons est ouverte dans Excel. Un tableau croisé dynamique est ajouté afin de trier tous les polygones générés par buffer. La surface totale est calculée puis la surface de chaque classe d'occupation du sol au sein d'un même buffer. Les surfaces sont converties en pourcentage par transect.

Tableau 2 Extrait de la structure de la table de l'occupation du sol

	BE1_T1	BE1_T2	BE1_T3
Arbre	0	0	0
Bande enherbée	15	15	15
Bâti	2	2	1
Bois	0	0	0
Chemin	1	0	0
Culture	69	65	62
Fossé	1	1	1
Friche	0	0	0
Haie arboricole	0	0	0
Haie basse	0	0	0
Jardin	12	0	0
Marre	0	0	0
Plantation	0	0	0
Prairie	0	0	0
Rivière	0	0	0
Route	0	0	0
Surface artificialisée	0	17	21

Le pourcentage d'occupation du sol est donc une variable exploitable pour les traitements statistiques relatif à la biodiversité entomologique.

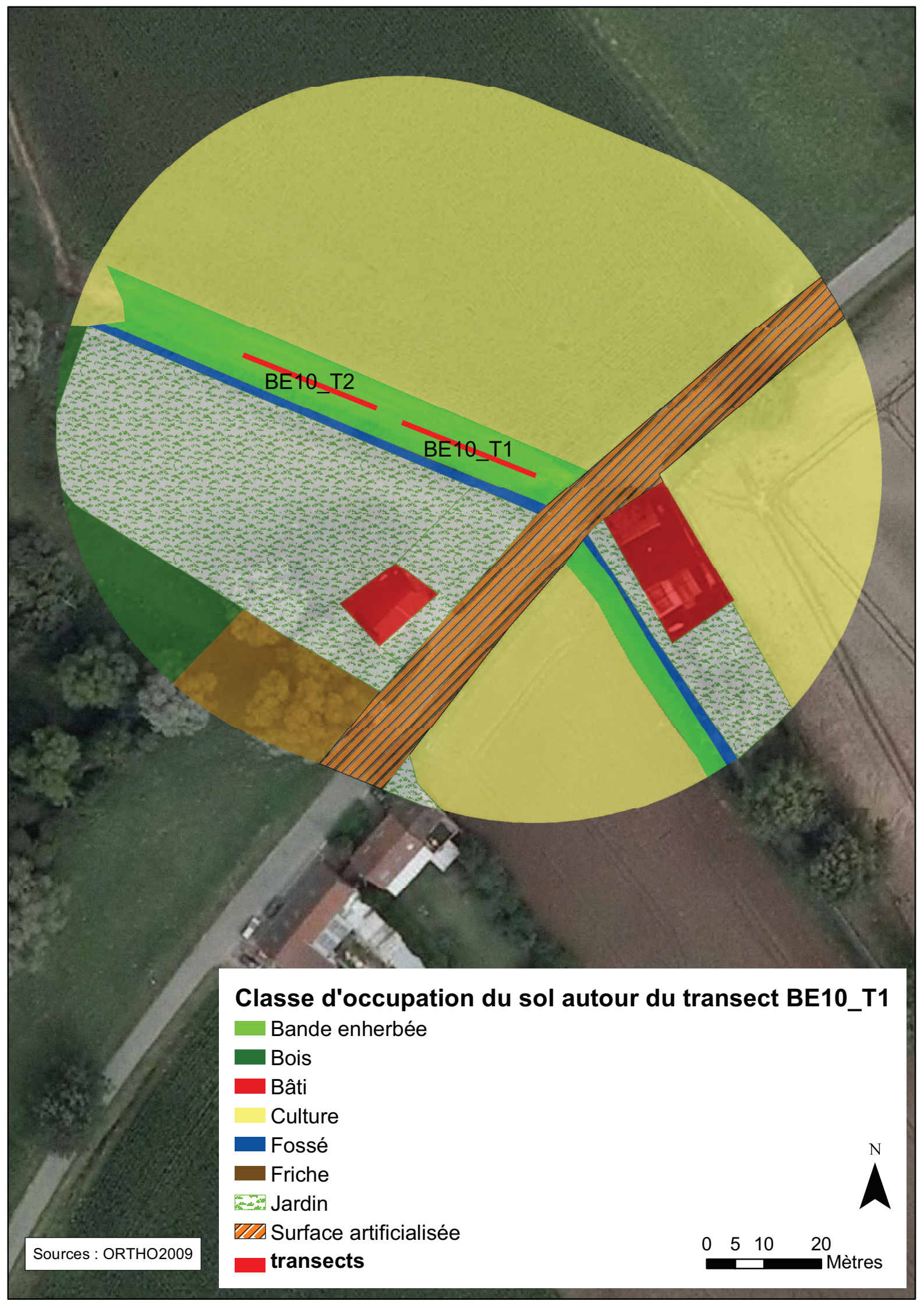


Classes d'occupation du sol autour du transect BE3_T1

- Arbre
- Bande enherbée
- Chemin
- Culture
- Fossé
- Haie arboricole
- trsect



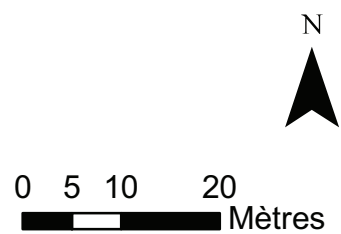
0 5 10 20
Mètres



Classe d'occupation du sol autour du transect BE10_T1

-  Bande enherbée
-  Bois
-  Bâti
-  Culture
-  Fossé
-  Friche
-  Jardin
-  Surface artificialisée
-  transects

Sources : ORTHO2009



Annexe 11 Résultats des commandes stepAIC (GLM) des espèces entomologiques.

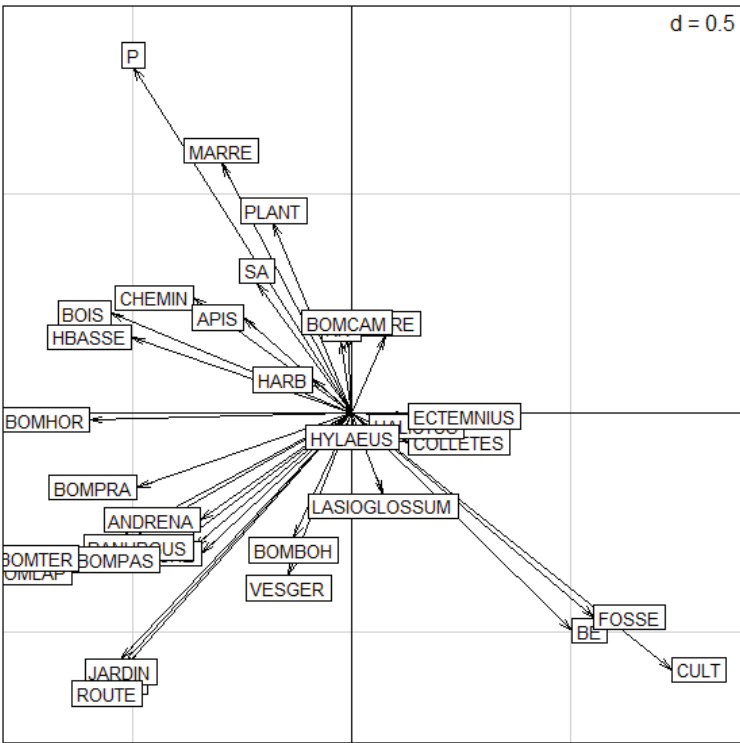
variables	OPHPUB	POECUP	PTMEL	NEBBRE	AMAAEN	NEBSAL	AMAPLE	ANCDOR
session	0	1.129e-12	0.019369	3.861e-10	0.02428	3.144e-11	1.1e-08	0
fauche	0	0	0.007364	0	0.13903	0.1128	0.0019654	0.1065
hauteur de végétation	0	0	0	0	0	0	0	0
couverture floristique	0	0	0	0	0	0	0	0
type de site	0	0	0	0	0	0	0.0004982	0
variables	BEMLAM	HARAFF	PTEVER	PTMAD	BADBUL	HARLAT	LORPIL	NOTBIG
session	0.003815	0	0.05263	0.042743	0	0	3.266e-05	0.02717
fauche	0	0.0140390	0.10383	0.002023	0	0	0.04961	0.13286
hauteur de végétation	0	0	0	0	0	0	0	0
couverture floristique	0	0	0	0	0	0	0	0
type de site	0	0.0003081	0	0.108796	0.04189	0	0.08295	0
variables	BADUNI	AMACOM	AMASIM	OPHARD	NOTQUA	PTESTR	TRESP	
session	0	0	0	0	0	0	0	
fauche	0	0	0.0543	0.086274	0	0.12889	0	
hauteur de végétation	0	0	0	0	0	0	0	
couverture floristique	0	0	0	0	0	0	0	
type de site	0	0	0	0.001957	0.05623	0.05623	0	

variables	MELANO STOMA	SPHSCR	EPIBAL	ERITEN	MEREQU	HELPEN	SYRRIB
session	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1.643e-10	0.0001723	< 2.2e-16	0.32686	0.01241
T°C	0.126476	0.126476	0	0	0.126476	0	0.03692
nuage	1.166e-06	1.166e-06	0.0937	0.0358795	1.166e-06	0.06318	0.12991
vent	0	0	0	0	0	0	0.13150
fauche	0	0	0	0	0	0	0
hauteur de végétation	4.391e-07	4.391e-07	4.463e-07	0	4.391e-07	5.287e-05	0
couverture floristique	0.001477	0.001477	0	8.084e-06	0.001477	4.029e-05	3.102e-08
type de site	0.017697	0.017697	0	0	0.017697	0.28308	0

variables	ERIARB	PLACLY	SYRPIP	CHEILOS A	HELTRI	ERIINT	CHEVER	ERIPER
session	0		0.100257	0	0.002412	0.02443	0	0
T°C	0	0.025861	0	0.002967	0	0	0	0.157291
nuage	0	0.048789	0.004337	0	0.098121	0	0	0
vent	0	0.000289	0	0	0	0	0	0
fauche	0.03259	0.393895	0.347667	0.029332	0	0.14877	0	0.249956
hauteur de végétation	0	0.090088	0.053479	0.020231	0	0	0.0007274	0
couverture floristique	6.504e-09	0	5.865e-06	0.001167	0.011013	1.323e-05	0.0002071	0.002318
type de site	0.02686	0	0.123803	0	0	0	0	0
variables	APIS	ANDREN A	COLLET ES	HALICTU S	HYLAEUS	LASIOGL OSSUM	PANURG US	ECTEMNI US
session	5.095e-06	0	0	0	0	< 2.2e-16	0	0
T°C	0	0.008808	0	0.180824	0.1593	0.126476	0	0
nuage	0.029112	0	0	0.003832	0.1236	1.166e-06	0	0
vent	0.004007	0	0	0	0.0124	0	0	0
fauche	0	0.035565	0	0	0	0	0	0
hauteur de végétation	0	0.934656	0	0	0.7013	4.391e-07	0	0
couverture floristique	4.547e-09	0.002781	0	0.579374	0	0.001477	0.09535	0
type de site	0.001162	0	0	0.198997	0.1990	0.017697	0	0
BOMCA								
variables	VESGER	BOMBOH M	BOMHOR	BOMLAP	BOMPAS	BOMPRA	BOMTER	
session	4.872e-07	0	0	0.007229	1.009e-06	1.924e-06	0.011253	6.175e-05
T°C	0.36151	0	0.286549	0.013086	0.07756	0	0.004019	0.06841
nuage	0.11140	0	0	0	0	0	0.035159	0
vent	0	0	0.002052	0	0	0	0	0
fauche	0.08208	0.13948	0	0.111283	0	0	0	0
hauteur de végétation	0	0.78161	0	0.009259	0.09027	0	0.861635	0
couverture floristique	1.226e-05	0.00896	0.736158	0.040716	< 2.2e-16	1.320e-05	0.073762	4.853e-06
type de site	0	0	0.198997	0.112080	0.01053	4.466e-05	0.020524	0
variables	AGLIO	AGLURT	ARIAGE	COEPAM	COLCOR	MANJUR	OCHSYL	PAPMAC
session	0.02443	6.311e-09	0.168828	0	0	< 2.2e-16	0	0.272152
T°C	0	0	0	0	0.700536	0	0	1.000000
nuage	0	0	0	0.08272	0.253148	0	0	1.000000
vent	0.07620	0.0005803	0	0	0.154344	0	0.125385	< 2.2e-16
fauche	0	0	0.082716	0.12915	0.001688	0.0002726	0	0.004484
hauteur de végétation	0.04645	0	0	0	0.203048	3.989e-09	0.473251	0.736446

couverture floristique	0	0	0.005747	0	0.146233	0.0008992	0.002538	0.703352
type de site	0.30152	0.0995483	0	0.08055	0	0.4205870	0.012462	0.006446
variables	PARAEG	PIERIS	POLICA	PYRTIT	THYLIN	TYRJAC	VANATA	VANCAR
session	0	0.0068793	2.081e-05	< 2.2e-16	0	0	0	0
T°C	0	0.0009391	0.335425	0	0	0	0.0189	0.849463
nuage	0	0.0184618	0.044479	0.12699	0.01031	0	0	0.046110
vent	0.1176	0	0.013734	0	0	0	0	0.005984
fauche	0	0	0	0	0	0.04306	0	0
hauteur de végétation	0	0	0.479161	5.653e-05	0	0.21493	0	0.666218
couverture floristique	0	0.0127447	0.003396	0.07765	0	0	0.1260	0.135729
type de site	0	0	0.029675	0	0	0.03920	0	0
variables	ISCELE	ORELAN OSTOMA	SYMSA N	CHAVIR	ORTCOE			
session	0	0	9.998e-06	0	0			
T°C	0	0.001461	0.3746570	0	0.009946			
nuage	0	0	4.423e-05	0.0004748	0			
vent	0	0	0	0	0			
fauche	0	0	0	0.0002466	0			
hauteur de végétation	0.01274	0.049646	0.0001155	0.0010676	0			
couverture floristique	0	0	0	0	0.126754			
type de site	0.01499	0	4.687e-06	0	0			

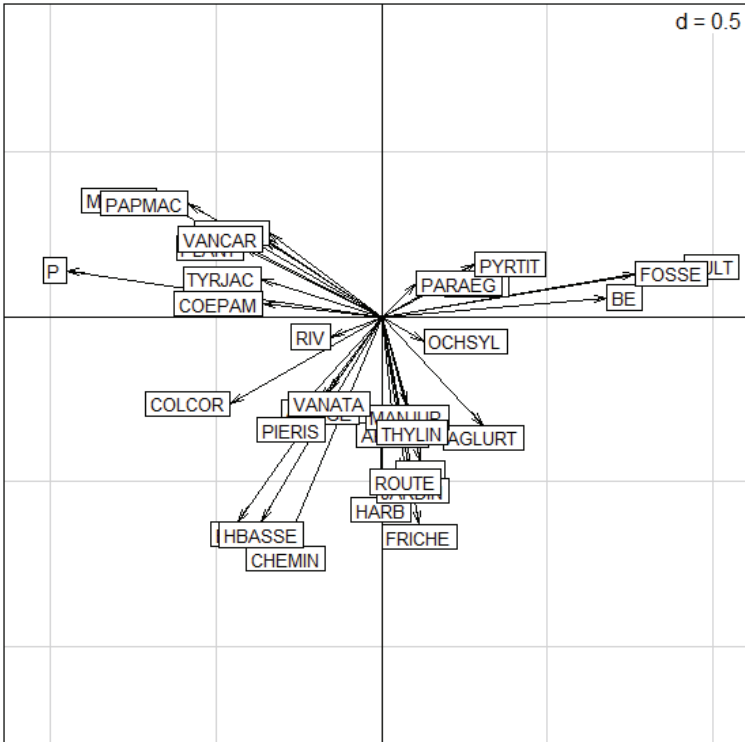
Annexe 12 Analyse des Composantes Principales (Hyménoptères et Rhopalocères)



Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces d'hyménoptères.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Arbre	0.0762	0.1753
BE	0.5024	-0.4977
Bâti	-0.5206	-0.5854
Bois	-0.5511	0.2267
Chemin	-0.3622	0.2629
Culture	0.7310	-0.5861
Fosse	0.5540	-0.4669
Friche	-0.3438	-0.3217
Haie arb.	-0.0902	0.0754
Haie basse	-0.5032	0.1724
Jardin	-0.5271	-0.5632
Marre	-0.2978	0.5699
Plant.	-0.179	0.4322
Prairie	-0.4983	0.7874
Riv.	-0.0238	0.1642
Route	-0.5603	-0.6126
Surf. Art.	-0.2148	0.2955

Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 16 espèces d'hyménoptères avec les modalités de la variable occupation du sol.



Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces d'hyménoptères.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Arbre	0.0337	-0.3213
BE	0.6817	0.0577
Bâti	0.1170	-0.4371
Bois	-0.4346	-0.6225
Chemin	-0.2883	-0.6963
Culture	0.9146	0.1508
Fosse	0.7669	0.1303
Friche	0.1129	-0.6306
Haie arb.	-0.0004	-0.5479
Haie basse	-0.3632	-0.6229
Jardin	0.0956	-0.4911
Marre	-0.6792	0.3518
Plant.	-0.4180	0.2078
Prairie	-0.9522	0.1399
Riv.	-0.1543	-0.0618
Route	0.0712	-0.4632
Surf. Art.	-0.3587	0.2391

Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 16 espèces de rhopalocères avec les modalités de la variable occupation du sol.

Annexe 13 Listes des espèces végétales

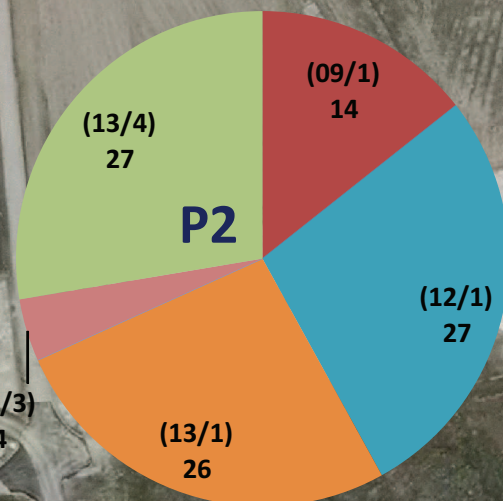
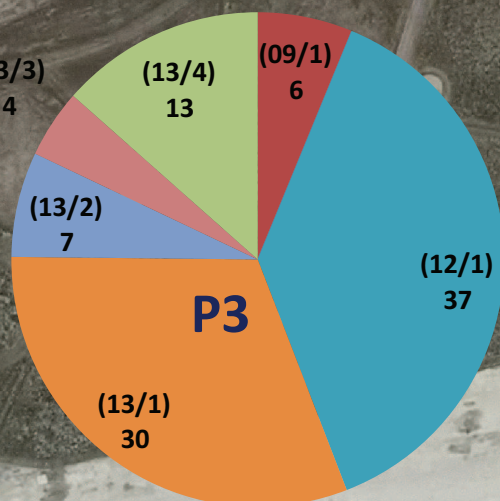
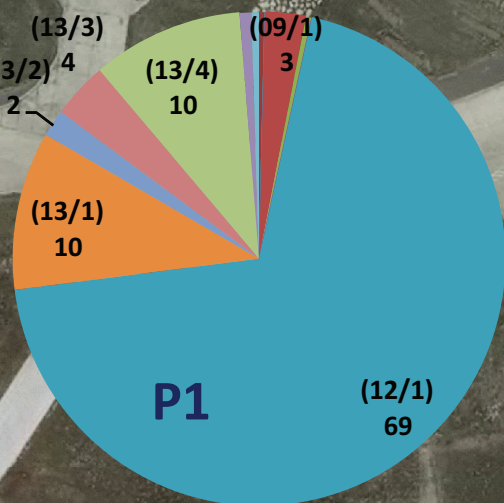
Espèces et code phytosociologique	Nomenclature	Nom vernaculaire	Famille
<i>Achillea millefolium</i> (12/1)	(L.) [1753]	Achillée millefeuilles	Asteraceae
<i>Aegopodium podagraria</i> (13/2)	(L.) [1753]	Égopode podagraire	Apiaceae
<i>Agrostemma githago</i> (13/3)	(L.) [1753]	Nielle	Caryophyllaceae
<i>Agrostis stolonifera</i> (12/1)	(L.) [1753]	Agrostide blanche	Poaceae
<i>Alopecurus pratensis</i> (12/1)	(L.) [1753]	Vulpain des prés	Poaceae
<i>Anisantha sterilis</i> (13/4)	(L.) Nevski [1934]	Brome stérile	Poaceae
<i>Anthriscus sylvestris</i> (13/2)	(L.) Hoffm. [1814]	Cerfeuil des bois	Apiaceae
<i>Argentina anserina</i> (12/1)	(L.) Rydb. [1899]	Ansérine	Rosaceae
<i>Arrhenatherum elatius</i> (12/1)	(L.) P.Beauv. Ex J.Presl & C.Presl [1819]	Fenasse	Poaceae
<i>Artemisia vulgaris</i> (13/1)	(L.) [1753]	Armoise citronnelle	Asteraceae
<i>Bromus hordeaceus</i> (13/4)	(L.) [1753]	Brome fausse orge	Poaceae
<i>Bromus racemosus</i> (12/1)	(L.) [1753]	Brome à grappe	Poaceae
<i>Bromus sp.</i> (87,5)		Brome	Poaceae
<i>Carex otrubae</i> (12/1)	Podp. [1922]	Laiche cuivrée	Cyperaceae
<i>Centaurea jacea</i> (12/1)	(L.) [1753]	Centaurée jacée	Asteraceae
<i>Cerastium fontanum</i> (12/1)	Baumg. [1816]	Ceraiste commun	Caryophyllaceae
<i>Chaerophyllum temulum</i> (13/2)	(L.) [1753]	Cerfeuil enivrant	Apiaceae
<i>Cichorium intybus</i> (13/1)	(L.) [1753]	Chicorée amère	Asteraceae
<i>Cirsium arvense</i> (13/1)	(L.) Scop. [1772]	Cirse des champs	Asteraceae
<i>Cirsium vulgare</i> (13/1)	(Savi) Ten. [1838]	Cirse à feuilles lancéolées	Asteraceae
<i>Convolvulus arvensis</i> (13/1)	(L.) [1753]	Liseron des champs	Convolvulaceae
<i>Convolvulus sepium</i> (05/2)	(L.) [1753]	Grand liseron	Convolvulaceae
<i>Crepis capilaris</i> (13/4)	(L.) Wallr. [1840]	Crépide à tiges capillaires	Asteraceae
<i>Dactylis glomerata</i> (12/1)	(L.) [1753]	Dactyle	Poaceae
<i>Daucus carota</i> (13/1)	(L.) [1753]	Carotte	Apiaceae
<i>Elytrigia repens</i> (13/1)	(L.) Desv. ex Nevski [1934]	Chiendent officinal	Poaceae
<i>Equisetum arvense</i> (13/1)	(L.) [1753]	Prêle des champs	Equisetaceae
<i>Festuca arundinacea</i> (12/1)	Schreb.	Fétuque faux roseau	Poaceae
<i>Galium aparine</i> (13/6)	(L.) [1753]	Gaillet accrochant	Rubiaceae
<i>Galium mollugo</i> sous sp. erectum (09/2)	(L.) [1753]	Caille-lait blanc	Rubiaceae
<i>Geranium dissectum</i> (13/3)	(L.) [1753]	Géranium à feuilles découpées	Geraniaceae
<i>Geranium pyrenaicum</i> (13/2)	Burm.f. [1759]	Géranium des Pyrénées	Geraniaceae
<i>Glebionis segetum</i> (13/3)	(L.) Fourr. [1869]	Chrysanthème des blés	Asteraceae
<i>Glechoma hederacea</i> (13/2)	(L.) [1753]	Gléchome lierre terrestre	Lamiaceae
<i>Helminthotheca echinoides</i> (13/1)	(L.) Holub. [1973]	Picride fausse vipérine	Asteraceae
<i>Heracleum sphondylium</i> (13/2)	(L.) [1753]	Berce commune	Apiaceae
<i>Holcus lanatus</i> (12/1)	(L.) [1753]	Houlque laineuse	Poaceae

<i>Hordeum murinum</i> (02/2)	L. [1753]	Orge des rats	Poaceae
<i>Jacobaea erucifolia</i> (13/1)	(L.) P.Gaertn., B.Mey & Scherb. [1801]	Séneçon à feuilles de roquette	Asteraceae
<i>Jacobaea vulgaris</i> (13/3)	Gaertn. [1791]	Séneçon de Jacob	Asteraceae
<i>Lapsana communis</i> (13/6)	(L.) [1753]	Lampsane commune	Asteraceae
<i>Lathyrus nissolia</i> (13/3)	(L.) [1753]	Gesse de Nissole	Fabaceae
<i>Lathyrus pratensis</i> (09/2)	(L.) [1753]	Gesse des prés	Fabaceae
<i>Leucanthemum vulgare</i> (12/1)	Lam. [1779]	Marguerite commune	Asteraceae
<i>Lolium perenne, multiflorum hybridum</i> (12/1)	(L.) [1753]	Ray grass anglais	Poaceae
<i>Lotus corniculatus</i> (09/1)	(L.) [1753]	Lotier commun	Fabaceae
<i>Malva moschata</i> (12/1)	(L.) [1753]	Mauve musquée	Malvaceae
<i>Matricaria chamomilla</i> (13/3)	(L.) Rauschert [1974]	Camomille sauvage	Asteraceae
<i>Matricaria discoidea</i> (13/7)	DC. [1838]	Matricaire odorante	Asteraceae
<i>Matthiola incana</i> (02/8)	(L.) R.Br. [1812]	Giroflée des jardins	Brassicaceae
<i>Medicago lupulina</i> (09/1)	(L.) [1753]	Luzerne lupuline	Fabaceae
<i>Myosotis arvensis</i> (13/5)	Hill [1764]	Myosotis des champs	Boraginaceae
<i>Papaver rhoeas</i> (13/3)	(L.) [1753]	Coquelicot	Papaveraceae
<i>Pastinaca sativa</i> (13/1)	(L.) [1753]	Panais cultivé	Apiaceae
<i>Persicaria lapathifolia</i> (04/6)	(L.) Delabre [1800]	Renouée à feuille d'oseille	Polygonaceae
<i>Phalaris arundinacea</i> (05/3)	(L.) [1753]	Alpiste faux roseau	Poaceae
<i>Phragmites australis</i> (05/3)	(Cav.) Trin. ex Steud. [1840]	Roseau	Poaceae
<i>Picris hieracioides</i> (13/1)	(L.) [1753]	Picride fausse épervière	Asteraceae
<i>Plantago lanceolata</i> (12/1)	(L.) [1753]	Plantain étroit	Plantaginaceae
<i>Plantago major</i> (12/1)	(L.) [1753]	Grand plantain	Plantaginaceae
<i>Poa pratensis</i> (12/1)	(L.) [1753]	Paturain des prés	Poaceae
<i>Poa trivialis</i> (12/1)	(L.) [1753]	Gazon d'Angleterre	Poaceae
<i>Prunella vulgaris</i> (12/1)	(L.) [1753]	Brunelle commune	Lamiaceae
<i>Ranunculus repens</i> (12/1)	(L.) [1753]	Renoncule rampante	Ranunculaceae
<i>Ranunculus acris</i> (12/1)	(L.) [1753]	Renoncule âcre	Ranunculaceae
<i>Rubia tinctorum</i> (09/2)	(L.) [1753]	Garance des teinturiers	Rubiaceae
<i>Rubus</i> sp.	(L.) [1753]	Ronce	Rosaceae
<i>Rumex conglomeratus</i> (12/1)	Murray [1770]	Oseille agglomérée	Polygonaceae
<i>Rumex crispus</i> (12/1)	(L.) [1753]	Oseille crépue	Polygonaceae
<i>Rumex obtusifolius</i> (13/2)	(L.) [1753]	Patience à feuilles obtuses	Polygonaceae
<i>Schedonorus arundinacea</i> (12/1)	(Schreb.) Dumort. [1824]	Fetuque élevée	Poaceae
<i>Scrophularia nodosa</i> (13/2)	(L.) [1753]	Scrofulaire noueuse	Scrophulariaceae
<i>Silaum silaus</i> (06/1)	(L.) Schinz & Thell. [1915]	Cumin des prés	Apiaceae
<i>Silene dioica</i> (13/2)	(L.) Clairv. [1811]	Compagnon rouge	Caryophyllaceae
<i>Silene latifolia</i> (09/3)	Poir. [1789]	Lychnis à grosses graines	Caryophyllaceae
<i>Sinapis arvensis</i> (13/3)	(L.) [1753]	Moutarde des champs	Brassicaceae
<i>Sonchus asper</i> (13/3)	(L.) Hill [1769]	Laiteron épineux	Asteraceae
<i>Sonchus oleraceus</i> (13/3)	(L.) [1753]	Laiteron maraîcher	Asteraceae

<i>Stachys palustris</i> (05/2)	(L.) [1753]	Epiaire es marais	Lamiaceae
<i>Symphytum officinale</i> (05/2)	(L.) [1753]	Consoude officinale	Boraginaceae
<i>Tanacetum vulgare</i> (13/1)	(L.) [1753]	Tanaisie	Asteraceae
<i>Taraxacum</i> sp			Asteraceae
<i>Trifolium campestre</i> (08/4)	Schreb [1804]	Trèfle des champs	Fabaceae
<i>Trifolium dubium</i> (13/4)	Sibth. [1794]	Petit Trèfle jaune	Fabaceae
<i>Trifolium hybridum</i> (12/1)	(L.) [1753]	Trèfle bâtard	Fabaceae
<i>Trifolium pratense</i> (12/1)	(L.) [1753]	Trèfle commun	Fabaceae
<i>Trifolium repens</i> (12/1)	(L.) [1753]	Trèfle blanc	Fabaceae
<i>Triticum turgidum</i> (13/3)	(L.) [1753]	Blé barbu	Poaceae
<i>Urtica dioica</i> (13/2)	(L.) [1753]	Grande ortie	Urticaceae
<i>Veronica persica</i> (13/3)	Poir. [1808]	Véronique commune	Plantaginaceae
<i>Vicia bithynica</i> (13/3)	(L.) L. [1759]	Vesce de Bithynie	Fabaceae
<i>Vicia hirsuta</i> (13/3)	(L.) Gray [1821]	Vesce hérissée	Fabaceae
<i>Vicia sativa</i> (13/4)	(L.) [1753]	Vesce commune	Fabaceae
<i>Vicia tetrasperma</i> (13/3)	(L.) Schreb. [1771]	Cicérole	Fabaceae

Annexe 14 Groupements phytosociologiques présents sur les stations inventoriées

CODE	DESCRIPTION DU MILIEU
02/2	Végétation de plantes annuelles supportant légèrement le sel, préférant des sols plutôt secs ou s'assèchant en surface l'été, généralement sableux. [<i>Saginetea maritima</i>]
02/8	Végétation de plantes vivaces surtout ligneuses (sous-arbrisseaux chaméphytiques), des vases salées littorales maritimes (prés salés non ou peu exploités des estuaires et baies).
04/6	Végétation de plantes annuelles à développement estival, pionnière sur sols humides riches en azote et phosphore, s'assèchant l'été. [<i>Bidentetea tripartita</i>]
05/2	Végétation de plantes vivaces herbacées des mégaphorbiaies planitiaies à collinéennes. Elles se rencontrent au bord des rivières (souvent en situation plus ou moins forestière) et colonisent les prairies humides abandonnées, sur des sols plus ou moins riches en azote et phosphore, inondés généralement seulement l'hiver. [<i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Calystegietea sepium</i> subsp. <i>sepium</i>]
05/3	Végétation herbacée vivace de grandes plantes des bords d'étangs et de lacs, plus rarement de rivières, se développant sur des sols engorgés longuement, moyennement riches à riches en azote, parfois tourbeux mais toujours de pH neutre. [<i>Phragmiti australis</i> - <i>Caricetea elata</i>]
06/1	Végétation herbacée vivace des tourbières (haut-marais et bas-marais tourbeux à paratourbeux, pelouses humides et tremblants aquatiques), se développant sur des sols pauvres à moyennement pauvres en azote. [<i>Scheuchzerio palustris</i> - <i>Caricetea nigra</i>]
08/4	Tonsures herbacées annuelles, des sols secs à pH neutre à basique, calciques, pauvres en azote, ou des sols initiaux sur rochers. [<i>Stipo capensis</i> - <i>Brachypodietea distachyi</i>]
09/1	Végétation herbacée vivace (avec parfois quelques petits ligneux) des pelouses calcicoles médioeuropéennes, aimant la lumière, développées sur des sols plutôt secs et pauvres en azote, plus ou moins superficiels. [<i>Festuco valesiaca</i> - <i>Brometea erecti</i> subsp. <i>erecti</i>]
09/2	Végétation vivace des lisières herbacées moyennement ombragées (ourlets), développée sur des sols neutro-basiques souvent riches en calcium, pauvres à moyennement pauvres en azote et secs.
09/3	Végétation vivace des pelouses calcicoles, essentiellement herbacée mais plus ou moins riche en petits ligneux, présente aux étages méso- à thermoméditerranéen, sur des substrats calcaires ou siliceux mais alors riches en cations échangeables, pauvres à moyennement pauvres en azote. [<i>Dactylo glomerata</i> subsp. <i>hispanica</i> - <i>Brachypodietea retusi</i>]
12/1	Végétation herbacée vivace des prairies eurosibériennes. [<i>Agrostio stolonifera</i>]
13/1	Friches herbacées vivaces à nombreuses espèces bisannuelles, le plus souvent rudérales, aimant l'azote, développée sur des sols secs à moyennement secs, dans des régions au climat plutôt chaud. [<i>Onopordetea acanthii</i> subsp. <i>acanthii</i>]
13/2	Friches et ourlets constitués de plantes vivaces herbacées, répandues dans la région eurosibérienne sur des sols riches en azote, moyennement pourvus en eau, exceptionnellement humides et dans ce cas ombragés. [<i>Glechomo hederacea</i> - <i>Urticetea dioica</i>]
13/3	Végétations d'annuelles accompagnatrices des cultures, développée sur des sols riches à moyennement riches en azote. [<i>Stellarietea mediae</i>]
13/4	Friches annuelles pionnières, développée sur des sols riches à moyennement riches en azote, dans les zones rudéralisées. [<i>Sisymbrietea officinalis</i>]
13/5	Végétations nitrophiles naturelles à annuelles pionnières des clairières, lisières et éboulis européens. [<i>Galeopsio tetrahit</i> - <i>Senecionetea sylvatici</i>]
13/6	Tonsures nitrophiles des lieux surpiétinés. [<i>Lepidio squamati</i> - <i>Polygonetea avicularis</i> subsp.]
13/7	Tonsures annuelles des lieux surpiétinés eutrophiles
13/8	Mégaphorbiaies De Clairières Médioeuropéennes, Mésohydriques



Groupements phytosociologiques des prairies de la base Eolys (secteur 1)

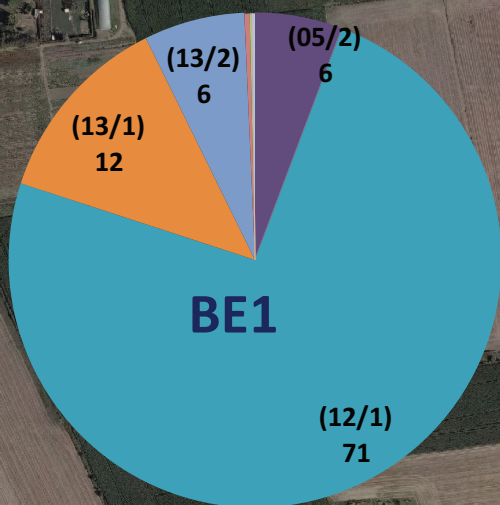
Sources: ORTHO2009

 Prairies

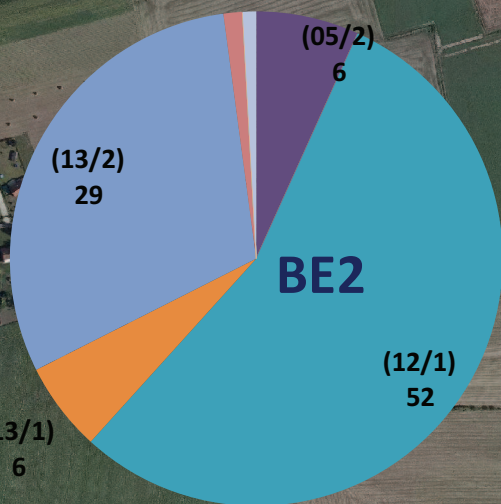


0 25 50 Mètres





BE1 — BE2



Groupements phytosociologiques des bandes enherbées du secteur 1

Sources: ORTHO2009



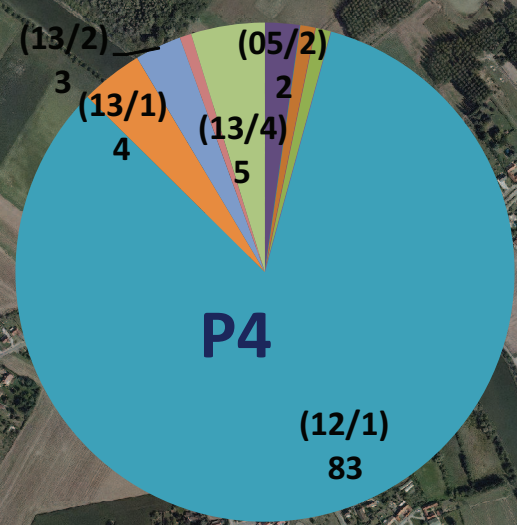
Culture

 Non labourée

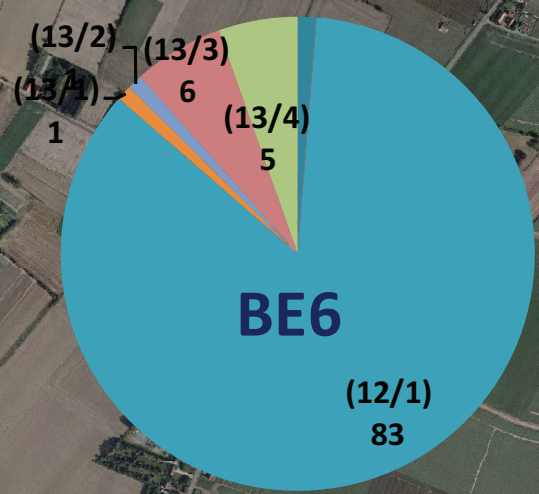
 Labourée

0 125 250 Mètres

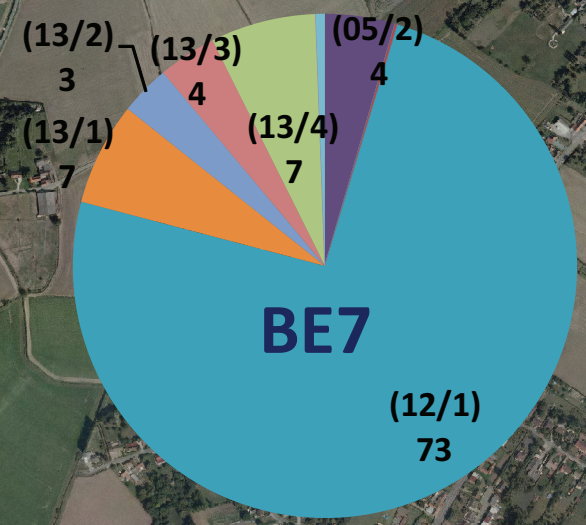
P4



BE6



BE7



Groupements phytosociologiques P4, BE6 et BE7

Sources: ORTHO2009

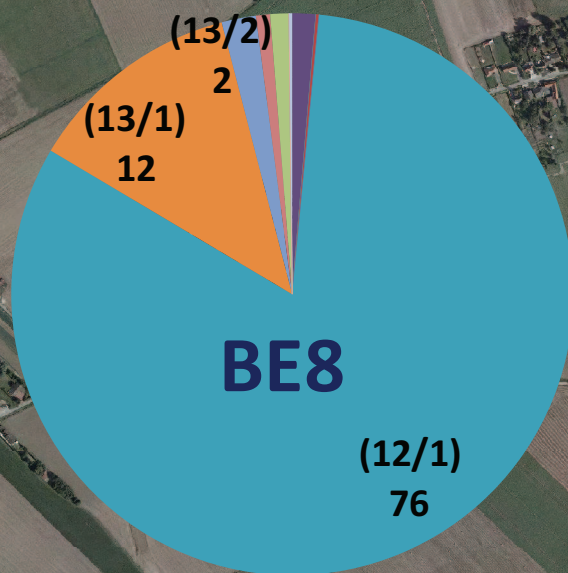
Culture

- Non labourée
- Labourée
- Prairies

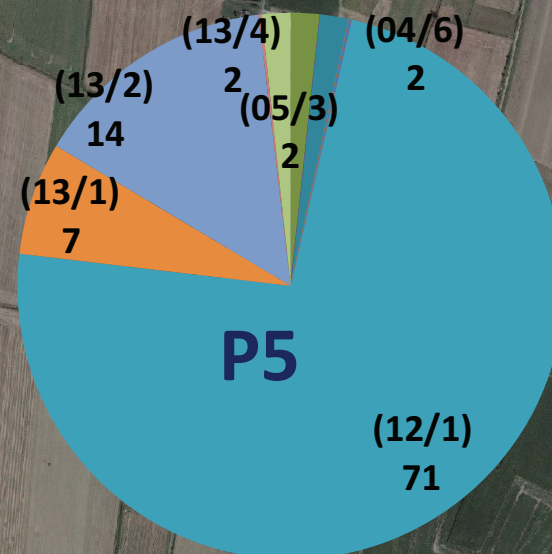


0 250 500 Mètres





BE8



P5

Groupements phytosociologiques P5 et BE8

Sources: ORTHO2009

Culture

-  Non labourée
-  Labourée
-  Prairies



0 200 400 Mètres



